

ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA DA
SAÚDE DO PORTO
INSTITUTO POLITÉCNICO DO PORTO

Diana Fernandes de Sousa

O IMPACTO DO SONO NO
DESEMPENHO DE TAREFAS DE
MEMÓRIA PROCEDIMENTAL EM
CRIANÇAS: REVISÃO SISTEMÁTICA
E META-ANÁLISE

Dissertação submetida à Escola Superior de Tecnologia a Saúde do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Terapia Ocupacional, realizada sob a orientação científica de Professor Doutor Nuno Barbosa F. Rocha, Professor Adjunto da Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Instituto Politécnico do Porto e Professor Doutor Pedro Pereira Rodrigues, Professor Auxiliar Convidado do Departamento de Ciências da Informação e da Decisão em Saúde, da Faculdade de Medicina da Universidade do Porto.

S e t e m b r o , 2 0 1 5

Resumo **Introdução:** Estudos actuais sugerem que o sono possui um papel importante na melhoria do desempenho motor em adultos. Porém, em crianças saudáveis os resultados são contraditórios, indicando que apenas a passagem do tempo pode produzir um ganho ilusório.

Objetivo: Identificar e sumarizar a evidência acerca do impacto do sono no desempenho de tarefas de memória procedimental em crianças saudáveis.

Métodos: Foi conduzida uma pesquisa bibliográfica nas principais bases de dados electrónicas, *Medline*, *ISI Web of Science* e *Scopus*. Esta foi realizada até 17 de Maio de 2015 e de acordo com o equação de pesquisa. Após a selecção dos artigos, segundo os critérios de inclusão e exclusão, avaliou-se a qualidade metodológica com recurso ao instrumento designado QATSDD (*Quality Assessment Tool and Scoring Guidance Notes*) e outro instrumento para estudos de intervenção *before-after*, sem grupo de controlo, desenvolvido por profissionais de saúde pertencentes ao *National Institutes of Health*. A meta-análise foi realizada com a medida do tempo de reacção, usando a diferença das médias padronizadas. O método estatístico utilizado foi Mantel-Haenszel para efeitos aleatórios.

Resultados: Conduziu-se a revisão sistemática com quatorze artigos publicados entre 2007 e 2014, três estudos usados na meta-análise. Apenas quatro estudos denotaram melhorias, estatisticamente significativas, no que diz respeito ao efeito de um período de sono no desempenho de uma tarefa motora em crianças. Pelo contrário, a maioria dos estudos é a favor de que um período de sono prejudica o desempenho. Na meta-análise mostra-se que a vigília favorece os valores do tempo de reacção.

Conclusões: A presente evidência não suporta o facto de que um período de sono optimiza o desempenho de tarefas de memória procedimental em crianças. Dadas as limitações apresentadas, nomeadamente a heterogeneidade das intervenções e reduzida qualidade metodológica dos estudos incluídos, sem grupo de controlo, sugere-se a realização de estudos futuros com maior nível de evidência.

Palavras-chave Sono, Memória Procedimental, Desempenho, Tarefa motora, Crianças

Abstract Background: Current studies suggest that sleep plays an important role in improving motor performance in adults. However, in healthy children the results are contradictory, indicating that only the course of time can produce an illusory gain.

Objective: To identify and summarize the evidence of the impact of sleep on the performance of procedural memory tasks in healthy children.

Methods: A literature search was conducted in the main electronic databases *Medline*, *ISI Web of Science* and *Scopus*, until 17 May 2015, in accordance with the query. After selecting the items, according to the inclusion and exclusion criteria, the methodological quality was evaluated using the instrument QATSDD (*Quality Assessment Tool and Scoring Notes Guidance*) and another instrument for *before-after* intervention studies without group control, developed by health professionals belonging to the *National Institutes of Health*. Meta-analysis of effects was undertaken with the reaction time outcome, using standardized mean-differences. The statistical method used was Mantel-Haenszel for random effects.

Results: We carried out a systematic review with fourteen articles published between 2007 and 2014, three studies were used for meta-analysis. Only four studies denoted improvements statistically significant, considering the effect of a sleep period in children, when they performed a motor task. Rather, the majority of studies support the idea that a period of sleep impairs the procedural task. In the meta-analysis wakefulness promotes the reaction time values.

Conclusions: This evidence does not support the fact that sleep optimizes the procedural memory in children. Given the limitations presented, including the heterogeneity of interventions and low methodological quality of the included studies and without a control group, it is suggested the necessity to perform further research with best levels of evidence.

Keywords

Sleep, Procedural Memory, Performance, Motor Task, Children

ÍNDICE

INTRODUÇÃO.....	1
I – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
II - MÉTODOS	10
1 – IDENTIFICAÇÃO E SELECÇÃO DOS ESTUDOS	10
2 – RECOLHA E TRATAMENTO DOS DADOS	11
III - RESULTADOS	14
1 – CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA	14
2 – OBJECTIVO GERAL E ESPECÍFICOS	16
3 – DESENHO DE ESTUDO	16
4 – TAREFAS DE MEMÓRIA PROCEDIMENTAL	17
5 – CONDIÇÕES DE INTERVENÇÃO	19
6 – OUTROS INSTRUMENTOS UTILIZADOS	20
7 – RESULTADOS/MEDIDAS DE IMPACTO	20
8 – META-ANÁLISE	23
9 – QUALIDADE DA EVIDÊNCIA E RISCO DE VIÉS	23
10 – LIMITAÇÕES	24
IV - DISCUSSÃO	46
CONCLUSÃO.....	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

Índice de figuras

Figura I – Diagrama de fluxo da PRISMA representativo das etapas para selecção da amostra	15
Figura II – Sono <i>Versus</i> Vigília como predictores do tempo de reacção (Meta-análise).....	23
Figura III – Síntese do risco de viés de cada estudo incluído.....	24

Índice de tabelas

Tabela I – Análise qualitativa dos estudos incluídos.....	26
Tabela II - Análise quantitativa dos estudos incluídos	39

INTRODUÇÃO

Recentemente, o sono tem sido implicado no desenvolvimento contínuo de aprendizagem motora. No entanto, a evolução dessa aprendizagem antes e após o período de sono, os efeitos de diferentes níveis de treino, e o desenvolvimento a longo prazo durante vários momentos de sono permanecem desconhecidos (Walker et al., 2003; Malangré et al., 2014).

Na revisão sistemática de Diekelmann e Born (2010) comprova-se que o sono após a aprendizagem facilita a consolidação da memória explícita, em comparação com períodos de vigília semelhantes.

Por outro lado, existe evidência de que o sono também pode beneficiar a memória implícita (Sarode et al., 2013). Evidências actuais sugerem que o sono desempenha um papel importante na memória procedimental em adolescentes, assim como na memória declarativa (Potkin & Bunney, 2012). Estes autores ainda destacam a importância do sono REM (*Rapid Eye Movements*) e a actividade de ondas lentas na consolidação da memória.

Contudo, na meta-análise realizada por Pan & Rickard (2015), conclui-se que o sono não beneficia a aprendizagem motora na população em geral, pelo que sugerem que os ganhos no desempenho das tarefas podem ser enviesados por vários fatores que não meramente relacionados com a consolidação da memória procedimental neste período.

De forma semelhante a esta meta-análise, é possível constatar em diversos estudos que nas crianças, um período de sono posterior ao treino não induz melhorias no desempenho das tarefas, em comparação com período de vigília (Wilhelm et al., 2008; Wilhelm et al., 2012). Tal facto indica que a consolidação da memória procedimental dependente do sono pode ser influenciada pelo estágio de desenvolvimento. Contudo, Wilhelm, Metzkow-Mészáros, Knapp e Born (2012) referem que independentemente da idade, os indivíduos após um período de sono mostram ganhos superiores no desempenho, em detrimento dos que se mantiveram em vigília, corroborado por Wilhelm e colaboradores (2013).

Assim, é inconclusivo o efeito do sono em tarefas de memória procedimental, nomeadamente em crianças saudáveis. Portanto, este estudo procura reunir e sumarizar a evidência existente em estudos de intervenção e observacionais longitudinais, acerca do impacto do sono no desempenho de tarefas que requerem a memória procedimental, em crianças sem patologias, pretendendo verificar a optimização da memória procedimental com a melhoria dos parâmetros do sono.

Para tal, no capítulo I, procede-se a uma revisão bibliográfica acerca desta temática, especialmente debruçada nas várias fases do sono e processos de memória, assim como circuitos neuronais envolvidos. Também se refere o papel do sono (noturno e diurno) na memória procedimental, quer como facilitador, quer como barreira. No Capítulo II explicam-se os processos de identificação e selecção dos estudos e de recolha e tratamento dos dados. Os resultados são apresentados no capítulo III, onde é caracterizada a amostra, são referidos os objectivos (geral e específicos) dos estudos incluídos, assim como o desenho de estudo, e são explicadas as condições de intervenção e instrumentos de avaliação. Neste capítulo ainda é possível apurar os principais resultados e respectivas medidas de impacto, realiza-se a meta-análise e refere-se a qualidade da evidência e risco de viés e limitações dos estudos. Por fim, constam as tabelas de análise qualitativa e quantitativa dos vários estudos. De seguida, no capítulo IV, discutem-se os resultados, fazendo-se referência aos principais factores confundidores. A partir da discussão dos estudos empíricos parte-se para a conclusão, onde se resumem as principais evidências e onde se sugere os moldes de realização de investigações futuras. Por último, são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas ao longo do estudo.

I. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Actualmente sabe-se que o sono é sem dúvida um estado vital e complexo caracterizado por processos activos e altamente organizados, que pode ser classificado em distintos estágios: sono NREM (*Non-Rapid Eye Movements*) e sono REM (*Rapid Eye Movements*). O sono NREM pode ser subdividido em quatro fases (1 a 4), correspondendo à profundidade do sono e à presença de marcadores electrofisiológicos específicos, sendo os estágios 3 e 4 também denominados de sono delta ou de ondas lentas (Martins et al., 2001).

No sono nocturno humano, a actividade de ondas lentas é predominante na fase inicial e diminui em intensidade e duração ao longo do período de sono, enquanto que o sono REM torna-se mais intenso e extenso. Especificamente, estudos mais recentes caracterizam o sono como um estado cerebral que permite a optimização da consolidação da memória, em oposição ao cérebro no estado de vigília, que promove a codificação de memórias (Cajochen et al., 2004; Potkin & Bunney, 2012; Rasch & Born, 2013; Malangré et al., 2014).

A codificação da memória é um dos três processos interdependentes pela qual a memória é formada, para além da consolidação e recuperação. No processo de codificação, a informação nova dá entrada nos circuitos neurais. Esta informação é reforçada e transferida para o armazenamento de longo prazo, no processo de consolidação. Finalmente, esta informação é recuperada a partir das áreas de armazenamento (Sarode et al., 2013).

Os diversos estudos executados na área da memória procedimental e na sua relação com o sono centram-se essencialmente na aprendizagem motora.

A revisão de Rasch e Born (2013) concluiu que a aprendizagem motora envolve três fases: 1) fase cognitiva (de aquisição de conhecimento explícito); 2) fase associativa (transferência do conhecimento explícito para o conhecimento procedimental); e 3) fase autónoma (desempenho automatizado), sendo que para as tarefas serem realizadas de forma automática é requerido um processo explícito anterior. Este processo refere-se à fase na qual os participantes adquirem conhecimento das

características da tarefa a ser aprendida, que pode ocorrer através da instrução fornecida ao participante antes do treino ou quando o participante descobre as características da mesma durante o treino (Al-Sharman & Siengsukon, 2014).

Landmann e colaboradores (2014) complementam que a aprendizagem motora ocorre em pelo menos duas fases distintas. A primeira consiste numa fase de aprendizagem rápida que ocorre durante ou imediatamente após o período de treino e a segunda consiste numa fase latente lenta que acontece num período de tempo após essa aprendizagem inicial e que por sua vez inclui um processo de consolidação da memória.

Baseado na revisão de numerosos estudos de neurociência, constata-se a existência de dois circuitos neuronais, relevantes para os diferentes tipos de memória e consequentemente, no controlo das habilidades motoras. Pensa-se que a via dorsal, que inclui o córtex parietal, a área motora suplementar e o córtex motor primário, é responsável pelas associações intradimensionais, enquanto que a via ventral, que inclui os córtices occipital, temporal, prefrontal e premotor lateral, suporta a formação de associações interdimensionais. As áreas neurais mais dorsais são atribuídas maioritariamente às representações inacessíveis à consciência e, portanto, relacionadas à aprendizagem puramente implícita. No entanto, o sistema multidimensional mais ventral também pode ser acoplado durante a aprendizagem implícita (Robertson et al., 2004; Walker, & Stickgold, 2004).

Neste ponto, convém ressaltar a distinção entre conhecimento explícito e implícito, relacionada com os modos de processamento. O processamento explícito inclui aspectos guiados por processos de controlo executivo. Em contraste, o processamento implícito envolve mecanismos que ocorrem frequentemente sem *awareness* e que não são guiados por mecanismos de controlo executivo. Cada tipo de informação da tarefa pode ser processada das duas formas, explícita e implicitamente, destacando-se que estes processos podem ocorrer em paralelo (Yordanova, Kolev, & Verleger, 2009). Assim, a distinção de implícito e explícito prende-se com os sistemas neurais fundamentais (modo de processamento) e com a sua relação com os processos

atencionais (Robertson et al., 2004; Walker, & Stickgold, 2004; Kempler, & Richmond, 2012), isto é, tanto a percepção consciente como a atenção são componentes necessários para o desenvolvimento da consolidação de memória dependente do período de sono.

No que diz respeito às estruturas envolvidas, contrariamente ao sistema que constitui a memória declarativa, a memória não declarativa, na qual se inclui a procedimental, é parcialmente independente do hipocampo e mediada sobretudo pelos gânglios da base e cerebelo. As memórias não declarativas podem ser adquiridas sem o envolvimento das estruturas do lobo temporal e sem consciência, pelo que a aprendizagem é mais lenta. Contudo, a sua durabilidade é habitualmente superior (Peigneux et al., 2004; Rasch & Born, 2013; Landmann et al., 2014). Por outro lado, Albouy e colaboradores (2008) afirmam que existe uma evidência crescente de que o hipocampo desempenha também um papel crucial na memória procedimental, envolvido na aquisição e consolidação, relacionadas com o sono, numa sequência motora em particular.

A reactivação das áreas cerebrais durante este processo de aprendizagem após o sono pode ser constatada através de estudos de neuroimagem funcional (Maquet, 2000) e de actividade electroencefalográfica (electroencefalograma), no qual a frequência de ondas lentas aumenta durante o sono depois de um período intensivo de aprendizagem (Gais et al., 2008). Neste período de aprendizagem, com vista a promover a diminuição da fadiga cerebral, o sono restaura a fadiga sináptica induzida nos circuitos especializados para o desempenho da tarefa e restitui o benefício do treino anterior ao período de sono (Sheth, Janvelyan, & Khan, 2008). Evidências actuais sugerem que o sono facilita a consolidação de hábitos e competências, tanto perceptivas, como cognitivas e motoras, adquiridas gradualmente através da prática repetida (Collet et al., 2012; Malangré et al., 2014).

Neste sentido, vários estudos demonstram que os efeitos da privação de sono pronunciam-se maioritariamente no humor, no desempenho cognitivo e motor (Peigneux et al., 2004; Siengsukon, & Boyd, 2009; Sarode et al., 2013). Além disso, a

privação de sono também prejudica a iniciação e a execução motora em resposta a um estímulo visual (Cajochen et al., 2004; Antunes et al., 2008) e provoca dificuldades de concentração e aumento do tempo de reação (Bonnet, & Arand, 2003), factores que condicionam o desempenho numa tarefa motora (Fernandes, Rocha, Rocha, Herrera-Sollís, Salas-Pacheco, García-García, et al., 2015).

Também com recurso ao paradigma da privação do sono, Cajochen e colaboradores (2004) verificaram que o desempenho numa tarefa implícita é prejudicado após uma noite de privação de sono, em comparação com os indivíduos que usufruíram de um período de sono. À semelhança deste, noutros estudos foi demonstrado que os indivíduos apresentam um menor número de erros no desempenho posterior ao sono, mas não de seguida a um período de vigília equivalente (Walker et al., 2003; Kempler, & Richmond, 2012; Al-Sharman, & Siengsukon, 2013).

No entanto, verifica-se que em algumas tarefas procedimentais o desempenho melhora apenas com a passagem do tempo (Doyon et al., 2009). Porém, segundo Sheth, Janvelyan, e Khan (2008) o sono, e não simplesmente a passagem do tempo, é essencial para reforçar a melhoria do desempenho observado no treino inicial em adultos, tal como mostrado por Vertes (2004), Potkin e Bunney (2012) e ainda por Malangré e colaboradores. (2014).

Assim, defende-se que o sono possui um papel importante na melhoria do desempenho motor em adultos jovens, envolvendo várias tarefas, nomeadamente a tarefa de oposição dos dedos e polegar (*finger-to-thumb opposition task*) (Korman, Doyon, Doljansky, Carrier, Dagan & Karni, 2007); tarefa tempo de reacção em série (*serial reaction time task*) (Malangré et al., 2014); tarefa de digitar sequencial dos dedos (*sequential finger-tapping task*) (Walker et al., 2003); tarefa de coordenação de membros superiores (Kempler, & Richmond, 2012); e ainda na marcha (Al-Sharman, & Siengsukon, 2013).

Frank e Benington (2006), Holz e colaboradores (2012), e Gorgoni e colaboradores (2013) consideraram a evidência actual a favor e contra a hipótese de que o sono facilita a consolidação da memória e promove mudanças plásticas no

cérebro. Estes concluíram que os ganhos dependem de factores como o período de sono, no qual se encontra subjacente o aumento de actividade de ondas lentas.

Todavia, as descobertas dos estudos dos padrões de sono sugerem que as memórias recém adquiridas são processadas durante este período e que o processo pode contribuir para alterações da neuroplasticidade, subjacentes à formação da memória procedimental. Nos seres humanos, os padrões de actividade cerebral medida durante a execução de uma tarefa de tempo de reacção em série foram reactivados durante o sono REM subsequente (Nissen et al., 2006; Tucker et al., 2006; Holz et al., 2012; Potkin & Bunney, 2012).

Estudos anteriores sugerem que o sono NREM pode promover preferencialmente a memória declarativa, enquanto que o sono REM pode facilitar a aprendizagem predominantemente não-declarativa, no qual se inclui a memória procedimental (Robertson et al., 2004; Huber et al., 2004; Nissen et al., 2006; Tucker et al., 2006; Tucker, & Fishbein, 2009; Holz et al., 2012; Potkin & Bunney, 2012).

Por outro lado, de acordo com Potkin e Bunney (2012), Heib e colaboradores (2013), e Al-Sharman e Siengsukon (2014) verifica-se uma correlação positiva entre a actividade electroencefalográfica na faixa de frequência de ondas lentas (0,1-4 Hz) e as alterações da memória procedimental durante a noite em crianças e adultos saudáveis. Foram ainda apresentadas correlações entre diferentes parâmetros da fase 2 do sono (NREM) durante a noite e melhorias no desempenho motor (Walker et al., 2003; Rasch & Born, 2013; Malangré et al., 2014).

Da mesma forma, está comprovado que o sono REM aumenta após um intenso período de aprendizagem que combine tarefas de memória procedimental. Contudo, não é claro se essas mudanças se referem às características específicas da tarefa ou à aprendizagem em geral promovida pela prática (Fogel, Smith, & Cote, 2007; Tucker, & Fishbein, 2009).

Há ainda evidência que, enquanto o desempenho numa tarefa permanece estável após um período de retenção de 12h em vigília, são observadas melhorias

significativas de desempenho após intervalos de retenção comparáveis que incluam o sono (Walker et al, 2003; Brawn et al., 2010).

Como verificado por Tucker e Fishbein (2009), torna-se evidente que pequenos períodos de sono diurno (6 minutos) acarretam mais benefícios para a memória do que períodos equivalentes de vigília, em indivíduos adultos. Curiosamente, estudos em que jovens saudáveis usufruem de 45-90 minutos de sono diurno, revelam melhorias na memória procedimental (Backhaus, & Junghanns, 2006) e por sua vez, ganhos no desempenho de tarefas motoras (Tucker, & Fishbein, 2009).

Do mesmo modo, os ganhos no desempenho após o sono noturno são semelhantes quando os indivíduos possuem uma noite completa de sono (cerca de oito horas) ou quando usufruem apenas de algumas horas de sono (cerca de três horas). Portanto, nos dias de hoje é claro que as fases específicas do sono contribuem para o processamento dos diferentes tipos de memória.

De uma forma mais específica, a consolidação da memória após o sono noturno associa-se com um aumento superior da velocidade e precisão no desempenho da tarefa em comparação com um período diurno em vigília (Debarnot et al., 2011). Apesar da melhoria na precisão se observar em estudos anteriores com a tarefa de digitar sequencial dos dedos, as descobertas mais detalhadas são referentes à velocidade, não precisão (Sheth, Janvelyan, & Khan, 2008).

Porém, em contraste com os adultos, nas crianças o período de sono posterior ao treino de uma tarefa motora não induz ganhos significativos no desempenho motor, pelo que as crianças apresentam uma melhoria inferior após período de sono (Wilhelm et al., 2008; Wilhelm et al., 2012). Assim, os ganhos nas crianças em estado de alerta são mais semelhantes aos dos adultos no período de sono (Ashtamker & Karni, 2013). No entanto, as crianças apresentam menor susceptibilidade a interferências, isto é, as experiências motoras mais recentes afectam o processo de consolidação de memórias motoras aprendidas anteriormente em adultos jovens, mas não em crianças (Pereira et al., 2014).

No decorrer da fase da infância e adolescência também podem ser constatados resultados contraditórios no que se refere ao efeito do sono na memória procedimental, uma vez que durante a etapa inicial e intermédia da infância (1-12 anos), os padrões de sono e vigília se tornam mais consistentes, semelhantes aos dos adultos. A regulação do ciclo vigília-sono, é afectada pela maturação sexual biológica da puberdade (12-18 anos) e ainda a diminuição da quantidade/qualidade do sono devido aos horários escolares e à intensificação das actividades extracurriculares. Na adolescência verifica-se uma diminuição de sono eficiente, com um horário de deitar tardio e despertares mais frequentes, com possível privação de sono (Wilhelm et al., 2012).

Deste modo, apesar de uma acumulação constante de resultados positivos durante a última década, o papel exacto do sono na memória procedimental e consequentemente no desempenho de uma tarefa permanece indefinida, sobretudo nas crianças. Por este motivo, neste estudo procura-se desenvolver uma revisão sistemática de estudos sobre o impacto do sono no desempenho de tarefas que exigem a memória procedimental em crianças saudáveis, visando apurar a optimização da memória procedimental com a melhoria do sono.

II. MÉTODOS

1. Identificação e selecção dos estudos

Os critérios de elegibilidade foram determinados segundo a estrutura PICO, definindo-se como uma combinação de aspetos da questão clínica e a especificação dos tipos de estudos a incluir na revisão sistemática (Higgins, & Green, 2011). Tornou-se portanto pertinente definir quais os participantes, intervenções, comparações e resultados a ter em conta no processo de selecção dos estudos. Procedeu-se a uma revisão de estudos relevantes acerca do impacto de um período de sono nocturno/diurno ou sua restrição na realização de vários tipos de tarefas motoras, nas quais a memória procedimental se encontra implícita, em crianças.

Quanto aos estudos incluídos considerou-se apenas 1) Estudos com indivíduos com idade menor ou igual a 18 anos; 2) Estudos em que os indivíduos estão sujeitos a um período de sono e/ou sua restrição (vigília); 3) Estudos em que se verifique o desempenho de tarefas que requerem a memória procedimental.

Por outro lado, foram excluídos 1) Grupos constituídos por indivíduos com patologias neurológicas, psiquiátricas, atrasos de desenvolvimento, e/ou distúrbios de sono; 2) Estudos com intervenção farmacológica e estimulação transcraniana; 3) Estudos de revisão crítica da literatura e estudos transversais e 4) Estudos não redigidos em língua inglesa.

No entanto, consideram-se estudos com indivíduos com patologias, desde que também incluam sujeitos saudáveis na faixa etária descrita, com vista a recolher os dados relativos aos mesmos.

A pesquisa bibliográfica foi conduzida nas principais bases de dados electrónicas: *Medline, ISI Web of Science e Scopus*.

Para tal, a expressão de pesquisa foi aplicada de forma a recolher todos os estudos sobre o tema até ao dia 17 de Maio de 2015, na língua inglesa, após tradução rigorosa. Os termos de pesquisa foram definidos utilizando o descritor universal do serviço *Mesh Database*, relativo à base de dados Pubmed e através da verificação dos

termos frequentemente utilizados em estudos relacionados com o tema, constituindo assim uma expressão de pesquisa com termos controlados, combinados através do uso dos operadores booleanos *AND* e *OR*. Desta forma, a expressão de pesquisa foi correspondente aos campos em estudo, que inclui a variável independente, sono, bem como a variável dependente, memória procedimental, sendo a *query* a seguinte: ("Sleep"[All Fields] OR "Sleep"[MeSH Terms] OR "Offline Consolidation"[All Fields] OR "Nap"[All Fields] OR "Offline Learning"[All Fields]) AND ("Non-Declarative Memory"[All Fields] OR "Procedural Memory"[All Fields] OR "Procedural Learning"[All Fields] OR "Motor Memory"[All Fields] OR "Motor Learning"[All Fields] OR "Implicit Memory"[All Fields]).

2. Recolha e tratamento dos dados

Cada estudo foi revisto de forma independente por duas pessoas, que identificaram se os artigos cumpriam os critérios de inclusão, utilizando o título e resumo. Seguidamente foram obtidos e analisados os estudos na sua íntegra, verificando se estes iriam de encontro aos critérios de elegibilidade e justificando brevemente as razões pelas quais foram excluídos. Os artigos que cumpriram todos os critérios de elegibilidade constituíram a amostra final, sendo analisados e avaliados criticamente. Quando necessário, os autores dos estudos foram contactados, a fim de facilitarem informação adicional.

Os dados dos estudos foram extraídos e avaliados tendo em atenção o(s) autor(es); ano de publicação; tipo de estudo; objectivos do estudo; dimensão da amostra; características do protocolo de intervenção; instrumentos de medida; resultados; conclusões e limitações relevantes, assim como a classificação do nível de evidência. As etapas de recolha, análise e seleção dos estudos representaram-se através de um diagrama de fluxo da *PRISMA* (Moher, Liberati, Tetzlaff, & Altman, 2009). Os dados extraídos de cada estudo foram apresentados em forma de tabela de síntese (qualitativa) e narrativa.

De forma a evitar viéses, a validade interna dos estudos incluídos foi avaliada por dois revisores independentes. Em caso de discordância, um terceiro revisor, que não mantém contacto com os restantes, avaliou cada artigo na íntegra com vista a concluir o nível de qualidade metodológica apropriado, à semelhança de outros estudos (Lin, Murphy, & Robinson, 2010).

A qualidade metodológica foi avaliada com recurso ao instrumento de avaliação da qualidade designado QATSDD (*Quality Assessment Tool and Scoring Guidance Notes*). Este é constituído por 16 itens, cuja pontuação varia entre 0 (não mencionado) e 3 (informação completa) e pode ser aplicado a diferentes tipos de estudos. Porém, dois dos itens não foram avaliados, uma vez que são referentes a estudos qualitativos, portanto considera-se que a classificação máxima é de 42.

Segundo Sirriyeh e colaboradores (2012), esta ferramenta apresenta boa confiabilidade e validade para uso na avaliação de uma diversidade de estudos, e pode ser extremamente útil para promover o rigor das avaliações mistas, ou seja, que incluem dados qualitativos e quantitativos.

Apesar de os estudos incluídos serem metodologicamente semelhantes, estudos *before/after*, com e sem grupo de controlo, optou-se por usar este instrumento para todos, pois não é referido em alguns dos estudos as condições para aferir se se trata de um ensaio clínico randomizado ou apenas um estudo experimental sem aleatorização.

Com vista a complementar a avaliação com dados qualitativos, foi utilizado outro instrumento indicado para estudos de intervenção antes-após sem grupo de controlo. Este foi desenvolvido por profissionais na área da Saúde, especializados em áreas como distúrbios do sono, pertencentes ao *National Institutes of Health* (National Heart, Lung, and Blood Institute, 2014).

Esta avaliação é formada por 12 itens, que podem ser contabilizados como afirmativo ou negativo, ou em casos excepcionais, não aplicável ou não determinável. Assim, a qualidade é considerada em 3 graus: bom, razoável, e por último, pobre, pelo que quanto maior o nível de qualidade, menor o risco de viés, e vice-versa.

A informação resultante da avaliação com base nas guidelines da Colaboração Cochrane foi sumarizada e apresentada graficamente utilizando o aplicativo disponibilizado, *Review Manager – Revman 5.3.*, o qual permitiu a introdução dos dados dos estudos com vista à representação gráfica para avaliação do risco de viés (Higgins, & Green, 2011). Nesta fase é importante que se considerem todas as possíveis fontes de erro (bias), que podem comprometer a relevância do estudo em análise (Sampaio, & Mancini, 2007).

As variáveis extraídas dos estudos relativamente à constituição da amostra foram caracterizadas através de análise descritiva. Deste modo, as variáveis qualitativas (sexo dos participantes e dimensão de cada grupo) foram categorizadas através de frequências absolutas (n) e frequências relativas (%) e as variáveis quantitativas (idade dos participantes) foram descritas através da medida de tendência central média, medida de dispersão desvio padrão e amplitudes (máximo e mínimo) (Maroco, 2007).

Posteriormente, procedeu-se à realização de uma síntese de medidas de efeito quantitativas, que fulcrou os seguintes *outcomes*, referente à variável sono - tempo total de sono (h:min); eficiência sono (%); latência de sono (min:s); número de vezes a acordar; tempo de latência ondas lentas (min/%); tempo latência REM (min); sono REM (min/%). No que concerne à variável desempenho na tarefa de memória procedimental - diferença média de pontuação tarefa após sono e vigília (%); diferença tempo de reacção (%/msec) velocidade (número de sequências correctas); precisão (número de erros relativamente número total de sequências %); diferenças tempo desempenho (s); fadiga (pontuação da escala). Quando possível, os *outcomes* foram divididos por grupos (vigília/sono).

Após análise dos *outcomes* passíveis de comparação, seguiu-se a realização da meta-análise. Recorreu-se à diferença das médias padronizadas, com intervalo de confiança de 95%. O método estatístico usado foi o Mantel-Haenszel, para efeitos aleatórios.

III. RESULTADOS

1. Caracterização da Amostra

Conduziu-se a revisão sistemática com 14 artigos publicados entre 2007 e 2014.

Inicialmente foram identificados 812 artigos para possível inclusão, sendo que após a remoção dos artigos duplicados, permaneceram 471. Posteriormente à leitura dos títulos e resumos dos mesmos e exclusão dos artigos que se mostraram irrelevantes com respectiva justificação, 40 artigos foram lidos na sua íntegra, de modo a identificar quais os estudos que cumpriam os critérios de elegibilidade anteriormente definidos. As etapas para a definição das amostras e por conseguinte, os motivos de exclusão dos artigos representam-se na figura I.

A amostra final desta revisão sistemática é constituída por 14 artigos, pelo que as suas características qualitativas se encontram descritas na tabela I, assim como as medidas quantitativas apresentadas na tabela II.

Na sua globalidade, os estudos incluíram 579 participantes, dos quais 188 do sexo feminino (32,47%) e 163 do sexo masculino (28,15%), sendo que esta variável não é referida em 5 dos estudos. Os indivíduos apresentam entre os 4 e os 17 anos, com idade média de 10.72 anos. Apesar de apenas serem consideradas as crianças saudáveis, um dos estudos inclui crianças com patologia, designadamente perturbação de défice de atenção e hiperactividade. As características amostrais de cada estudo podem ser observadas na tabela II.

O Impacto do Sono no desempenho de Tarefas de Memória Procedimental em Crianças:
Revisão Sistemática e Meta-Análise

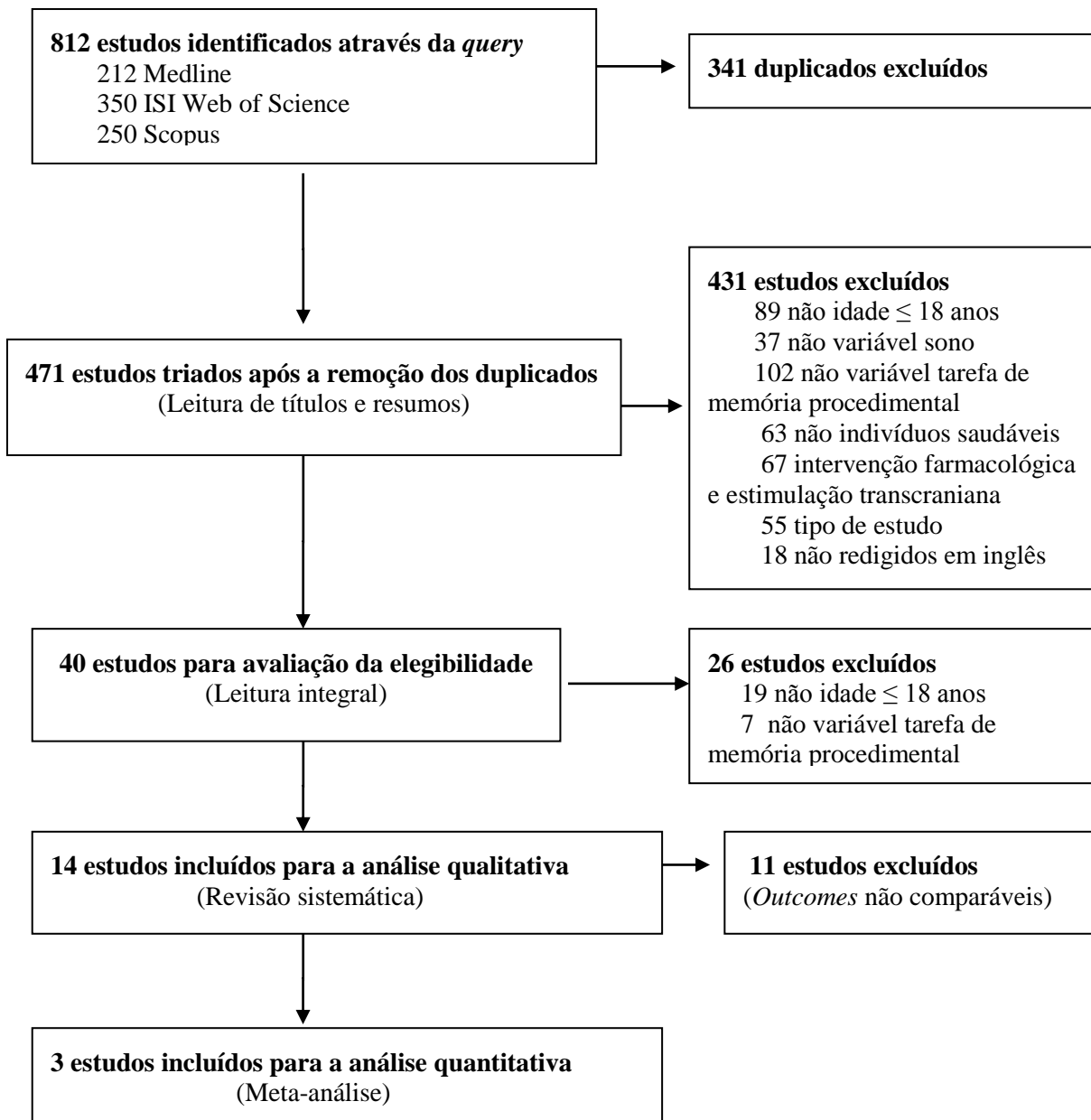


Figura I - Diagrama de fluxo da PRISMA representativo das etapas para selecção da amostra (Identificação, Triagem, Elegibilidade e Estudos Incluídos)

2. Objectivo geral e específicos

Os estudos incluídos visam maioritariamente verificar o impacto de um período de sono na aprendizagem e desempenho de uma tarefa motora, sendo que alguns possuem grupo de controlo que se mantém em período de vigília (Fischer, Wilhelm & Born, 2007; Wilhelm, Diekelmann & Born, 2008; Prehn-Kristensen et al., 2009; Prehn-Kristensen et al., 2011; Wilhelm et al., 2012; Ashworth et al., 2013; Wilhelm et al., 2013; Urbain et al., 2014) distinguem diversas dimensões da restrição do sono (Voderholzer et al., 2011), apresentam tarefas intermédias de interferência (Dorfberger, Adi-Japha & Karni, 2007; Adi-Japha, Badir, Dorfberger & Karni, 2014) e comparam indivíduos saudáveis com sujeitos com patologia, designadamente Perturbação de Défice de Atenção e Hiperactividade (Prehn-Kristensen et al., 2011). Ainda, objectivam averiguar a influência do tempo de treino antecedente ao período de sono (Holz et al., 2012), bem como do período de tempo após o treino (Ashtamker & Karni, 2013) e nível de desempenho (Wilhelm, Metzkow-Mészáros, Knapp & Born, 2012). Adicionalmente, estudos pretendem compreender as diferenças do efeito em adultos, comparativamente com as crianças (Fischer, Wilhelm, & Born, 2007; Wilhelm, Diekelmann, & Born, 2008; Wilhelm et al., 2012; Ashtamker & Karni, 2013; Wilhelm et al., 2013; Adi-Japha et al., 2014), para além do que compara participantes com várias faixas etárias abaixo dos 18 anos de idade (Dorfberger, Adi-Japha & Karni, 2007).

3. Desenho de Estudo

Todos os estudos incluídos na revisão sistemática consistem em estudos *before-after*, seis destes (42.86%) sem grupo de controlo e os restantes oito (57.14%) com grupo de controlo. Isto quer dizer que em oito dos estudos há um grupo de participantes que usufruem de um período de sono (grupo experimental) e um grupo que se mantém em vigília (grupo controlo).

Destes estudos, na investigação de Ashworth e colaboradores (2013), 13 participantes integram somente o grupo de controlo e 15 participantes o grupo

experimental. À semelhança, no estudo de Urbain e colaboradores (2014), verifica-se a aleatorização pelos grupo experimental e de controlo (16 indivíduos em cada grupo). Porém, os autores não identificam o tipo de randomização utilizada.

Nos restantes estudos com grupo de controlo (Fischer et al., 2007; Wilhelm et al., 2008; Prehn-Kristensen et al., 2009; Prehn-Kristensen et al., 2011; Wilhelm et al., 2012; Wilhelm et al., 2013), cada indivíduo participa nas duas condições de forma aleatória na razão 1:1. As condições são distantes entre 1 a 4 semanas.

4. Tarefas de Memória Procedimental

No que diz respeito à tarefa desempenhada, constatou-se sete tarefas distintas, a nomear: 1) *Finger-to-thumb opposition sequence* (3 estudos); 2) *Serial reaction time task* (apenas 1 estudo); 3) *Finger tapping task* (3 estudos); 4) *Mirror tracing task* (2 estudos); 5) *Button-box task* (3 estudos); 6) *Tower of Hanoi* e 7) *Rotation adaptation task* (unicamente 1 estudo cada).

No que se refere à tarefa nomeada em primeiro lugar, no estudo de Dorfberger, Adi-Japha & Karni (2007), é fornecida a instrução para que os participantes realizem a oponência do polegar individualmente, com a maior rapidez e precisão possível com a mão não dominante em supinação, direccionada para a câmara de vídeo, e cotovelo em flexão. Durante o desempenho há a pista auditiva no início e final de cada ensaio, porém não é dado qualquer tipo de feedback. Ashtamker e Karni (2013) também recorrem a esta tarefa. No estudo de Adi-Japha, Badir, Dorfberger e Karni (2014), os indivíduos desempenham a mesma tarefa, no entanto, com duas sequências distintas, contrabalançada entre cada grupo de idades e condição de intervenção.

Segundo Fischer, Wilhelm e Born (2007), na tarefa *Serial reaction time task*, os participantes permanecem na posição de sentado, numa sala escura e sem ruído, em frente ao monitor do computador. Neste são apresentadas seis caixas horizontais em

posições diversas, sendo que cada uma dessas localizações corresponde a uma das 6 chaves posicionadas em frente ao sujeito. Assim, cada indivíduo deve colocar o 2º, 3º e 4º dedos da mão esquerda no sítio esquerdo adequado e proceder de modo semelhante com o outro hemicorpo, e accionar rapidamente. Aquando a realização da tarefa surge um som nas respostas incorrectas, contudo não existe feedback para as respostas correctas.

A tarefa *Finger tapping task* consiste em pressionar uma de duas sequências de 5 algarismos (ordem inversa de algarismos), no computador, com os dedos da mão não dominante, o mais rápido que o indivíduo seja capaz (Dorfberger, Adi-Japha & Karni, 2007). Por outro lado, no estudo de Holz e colaboradores (2012), as acções são semelhantes, no entanto, apenas existe uma sequência. Sugawara e colaboradores (2014) apresentam a tarefa adaptada para crianças, com a sequência composta por 3 algarismos. Surge um asterisco branco no monitor do computador, numa das três posições horizontais, sendo que cada posição corresponde a um algarismo.

No estudo de Prehn-Kristensen e colaboradores (2009), a tarefa *Mirror tracing task* envolve traçar uma estrela de 6 pontos e uma cruz de 4 pontos, similares em comprimento (70 cm) e no número de ângulos (10). Para tal, os indivíduos devem desenhar as figuras com um lápis o mais rápido que consigam, sem ultrapassar as linhas, visualizando a sua mão através de um espelho. Todavia, no estudo de Voderholzer e colaboradores (2011), embora seja pedido para desenhar as figuras com recurso ao espelho, é utilizado um sensor de luz electrónica que mensura o tempo decorrido e o número de erros.

Na tarefa *Button-box task*, os indivíduos devem pressionar com a mão não dominante oito botões dispostos numa caixa, depois de ser accionada a luz que indica a sequência. Esta tarefa foi utilizada tanto por Prehn-Kristensen e colaboradores (2011), como por Wilhelm, Metzkow-Mészáros, Knapp e Born (2012). Porém, no estudo de Wilhelm e colaboradores (2013), é fornecido feedback no monitor de um computador, após a realização de cada ensaio, acerca do tempo de reacção do mesmo. Para além disso, os participantes são questionados sobre o reconhecimento da

sequência, em frente à caixa com os botões, apontando para os mesmos na ordem pela qual surgiu durante a fase de aprendizagem.

Ashworth, Hill, Karmiloff-Smith e Dimitriou (2013) recorrem a uma tarefa executiva (*Tower of Hanoi*), na qual os indivíduos completam um puzzle, constituído por vários discos com diferentes diâmetros colocados em 3 posições, distribuídos do maior para o menor, no sentido ascendente. Apenas é permitido mover um disco de cada vez, sendo que o objectivo consiste no término da tarefa com o menor número de movimentos.

Por fim, na tarefa *Rotation adaptation task*, Urbain, Houyoux, Albouy e Peigneux (2014) requerem que os participantes movam o rato do computador (mão dominante) entre 8 anéis dispostos em círculo, a cerca de 10 cm do centro. Em cada ensaio, o cursor deve ser posicionado sob os anéis que modificam a cor (preto).

5. Condições de intervenção

A periodicidade das intervenções apresentou-se heterogénea entre os vários estudos, sendo que a duração das sessões variou entre os doze e os sessenta minutos e o número de sessões entre duas a cinco. Na generalidade, a sessão pós teste decorreu cerca de dez a doze horas ou vinte e quatro horas após, exceptuando uma e três horas, no estudo de Ashtamker e Karni (2013). Na maioria dos estudos as condições de “sono” e “vigília” foram distantes de uma a quatro semanas.

Convém ressaltar que as especificidades da condição de intervenção dos vários estudos podem ser apuradas na tabela I.

Quanto ao contexto de intervenção, foi possível denotar que é de carácter individual e que decorre em casa/escola dos participantes, ou em laboratório em alguns estudos, com períodos de adaptação, anterior e posterior à realização da tarefa. O processo foi monitorizado pelos investigadores e na maioria dos casos, com colaboração dos pais das crianças.

6. Outros Instrumentos utilizados

Relativamente aos instrumentos de avaliação, três dos estudos não descrevem qualquer forma de avaliação do sono (Dorfberger, Adi-Japha & Karni, 2007; Ashtamker & Karni, 2013; Adi-Japha, Badir, Dorfberger & Karni, 2014). A polissonografia constitui a ferramenta amplamente usada nos estudos incluídos, em 7 destes (50%), permitindo avaliar *outcomes* como tempo total de sono, eficiência sono, latência ondas lentas, latência sono REM, tempo e percentagem do sono REM e predominância de ondas lentas. Para a avaliação do sono, os estudos de Voderholzer e colaboradores (2011) e Ashworth, Hill, Karmiloff-Smith e Dimitriou (2013) recorrem à actigrafia, com vista à mensuração de variáveis como o tempo total de sono, eficiência e latência de sono, particularmente útil para o estudo de indivíduos que não toleram dormir em laboratório. Apenas Prehn-Kristensen et al. (2009) utilizam uma escala analógica visual para classificar o nível de fadiga, enquanto outros autores recorrem ao questionário/*checklist* standard (adultos), entrevista semi-estruturada (crianças) e escalas/questionários subjectivas. Estes instrumentos também são úteis para avaliação dos hábitos de sono, nível de concentração, motivação, estado do humor e ainda estado de alerta. Este parâmetro também foi mensurado através de outros instrumentos, tal como o KITAP (*Testatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung für Kinder*), no estudo de Prehn-Kristensen e colaboradores (2011), assim como *Test for Attentional Performance*, integrado na pesquisa de Holz e colaboradores (2012).

É de realçar o recurso ao *Children Morningness-Eveningness Preference* e versão adaptada do *St Mary's Hospital Sleep Questionnaire* para avaliação dos ritmos circadianos e qualidade/quantidade do sono, respectivamente, no estudo de Urbain, Houyoux, Albouy e Peigneux (2014).

7. Resultados/medidas de impacto

No que concerne aos *outcomes* medidos e valores de impacto correspondentes, que podem ser observados na tabela II, dois dos estudos apenas apresentam os valores

das estatísticas F, concernentes às diferenças de velocidade e precisão entre sessão de treino e de teste (Ashtamker & Karni, 2013; Adi-Japha, Badir, Dorfberger & Karni, 2014), à semelhança de Sugawara e colaboradores (2014), que revela desta forma a diferença do tempo de desempenho da tarefa.

Referente aos resultados/conclusões de cada estudo, pode averiguar-se que unicamente Dorfberger, Adi-Japha e Karni (2007) defendem que a velocidade e precisão inicial no desempenho da tarefa é superior quanto maior a idade dos indivíduos, sendo que crianças e adolescentes mostram ganhos significativos quer após a sessão de treino, quer após 24h, com melhorias absolutas entre sessões superiores nos adolescentes com 17 anos.

Apenas no estudo de Holz e colaboradores (2012) se compreende que a aprendizagem imediatamente antes do sono promove uma melhor consolidação da memória procedimental nos adolescentes. No que é relativo à interferência de uma tarefa intermédia, Adi-Japha, Badir, Dorfberger e Karni (2014) explicam que a memória procedimental estabiliza a um ritmo superior nas crianças em estado de vigília, sendo que a tarefa de interferência prejudica os benefícios promovidos pelo sono. Tal facto é complementado no estudo de Urbain, Houyoux, Albouy e Peigneux (2014), no qual se refere que o sono aumenta os efeitos da tarefa intermédia, prejudicando assim o desempenho da tarefa a ser avaliada, essencialmente na velocidade e precisão.

Em suma, apenas quatro estudos denotaram melhorias, estatisticamente significativas, no que diz respeito ao efeito de um período de sono no desempenho de uma tarefa motora, tal como é possível encontrar na tabela I. Wilhelm, Metzkow-Mészáros, Knapp e Born (2012) referem que independentemente da idade, os indivíduos após o período de sono mostram ganhos superiores no desempenho, em detrimento dos que se mantiveram em vigília, corroborado por Wilhelm e colaboradores (2013), que relatam que as crianças realizam a sequência com menor número de erros posteriormente ao período de sono.

Ashworth, Hill, Karmiloff-Smith e Dimitriou (2013) acrescentam que crianças demonstram melhorias significativas no desempenho da tarefa a 25% depois do

período de sono, porém não se verificaram mudanças significativas no desempenho após o intervalo de retenção em estado de alerta. Da mesma forma, Sugawara e colaboradores (2014) comprovam melhorias significativas no grupo das crianças com 9 e 11 anos, no final da sessão de pós-teste, em comparação com o desempenho na sessão de treino, o que confirma os ganhos no período de sono. Tal argumento significa que os ganhos na memória procedimental se relacionam com o sono e não meramente com a passagem do tempo.

Pelo contrário, a maioria dos estudos é a favor de que um período de sono prejudica o desempenho da tarefa de memória procedimental. Fischer, Wilhelm e Born (2007) evidencia que o período de sono prejudica o desempenho da sequência da tarefa, à semelhança do constatado por Wilhelm, Diekelmann e Born (2008) e também por Prehn-Kristensen e colaboradores (2009). Ainda o estudo de Prehn-Kristensen e colaboradores (2011) denota que o período de sono normaliza os défices na memória procedimental em crianças com défice de atenção e hiperactividade, mas não em crianças saudáveis. Adicionalmente, Vorderholzer e colaboradores (2011) descobrem que a restrição do sono no período noturno não possui impacto significativo na consolidação de memória procedimental e por sua vez, no desempenho das tarefas. Para além disto, Ashtamker e Karni (2013) defendem que os ganhos nas crianças em estado de alerta são mais semelhantes aos dos adultos no sono, tendendo para a existência do benefício do sono nos adultos, que não é observável nas crianças.

De acordo com Wilhelm, Diekelmann e Born (2008) e Ashworth, Hill, Karmiloff-Smith e Dimitriou (2013) nenhum dos parâmetros do sono foi significativamente associado com as melhorias no desempenho das tarefas de memória procedimental. Por outro lado, no estudo de Sugawara e colaboradores (2014) constatou-se uma correlação significativa entre as melhorias no desempenho da tarefa e a duração do período de sono.

8. Meta-Análise

No total, apenas 3 estudos foram utilizados na meta-análise.

Foi possível comparar dados relativos à medida de tempo de reacção (Fischer, Wilhelm & Born, 2007; Prehn-Kristensen et al., 2011; Wilhelm et al., 2012). Incluíram-se 130 indivíduos, com um efeito estimado de 1.31 e um intervalo de confiança entre 0.22 e 2.40. Tal pode observar-se na figura II.

Assim, os resultados favorecem o período de vigília, com valores estatisticamente significativos, ou seja, verificou-se um valor de $p < 0.05$ ($p = 0.02$). Porém, verifica-se ainda alguma heterogeneidade dos estudos (87%).

Convém ressaltar que os dados relativos ao estudo de Wilhelm, Metzkw-Mészáros, Knapp e Born (2012) se referem a amostras diferentes desse estudo - grupo de baixo desempenho ($n = 18$ grupo sono e $n = 18$ grupo vigília) e desempenho intermédio ($n = 17$ grupo sono e $n = 17$ grupo vigília).

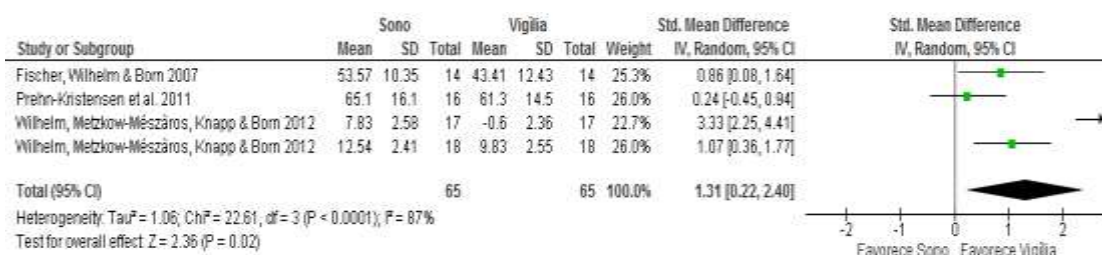


Figura II – Sono Versus Vigília como predictores do tempo de reacção (Terceiro e quarto estudo referem-se a amostras diferentes incluídas no mesmo estudo)

9. Qualidade da evidência e risco de viés

Os estudos incluídos apresentam uma qualidade média de 21,86 pontos, com pontuação mínima de 17 e máxima de 26 pontos (QATSDD).

Recorrendo ao instrumento de avaliação para estudos de intervenção pré-pós teste sem grupo de controlo, foram sujeitos a avaliação 6 estudos, 50% classificados como “razoável” e outra metade distinguida com “bom”.

Concernente ao risco de viés, na figura III é possível verificar a avaliação dos estudos de intervenção incluídos na presente revisão sistemática. Através da sua análise, pode-se constatar que apenas o item dos critérios de inclusão/exclusão foi satisfeito por todos os estudos incluídos, contudo, a maioria apresenta risco de vies elevado no que se refere ao processo de selecção da amostra. Seis dos estudos apresentam risco elevado relativamente à avaliação de sono, o que quer dizer que recorrem a instrumentos de avaliação subjectiva. No que diz respeito aos resultados, observa-se um risco de viés elevado em vários estudos (n=4).

	Critérios de inclusão e exclusão			
	Justificação Amostra	Avaliação Sono	Medição Resultados	
Adi-Japha, Badir, Dorfberger & Kami 2014	+	+	+	+
Ashtamker & Kami 2013	+	+	+	+
Ashworth, Hill, Karmiloff-Smith & Dimitriou 2013	+	+	+	+
Dorfberger, Adi-Japha & Kami 2007	+	+	+	+
Fischer, Wilhelm & Born 2007	+	+	+	+
Holz et al. 2012	+	+	+	+
Prehn-Kristensen et al. 2009	+	+	+	+
Prehn-Kristensen et al. 2011	+	+	+	+
Sugawara et al. 2014	+	+	+	+
Urbain, Houroux, Albouy & Peigneux 2014	+	+	+	+
Voderholzer et al. 2011	+	+	+	+
Wilhelm, Diekelmann & Born 2008	+	+	+	+
Wilhelm, Metzkw-Mészáros, Knapp & Born 2012	+	+	+	+
Wilhelm et al. 2013	+	+	+	+

Figura III – Síntese do risco de viés de cada estudo incluído

10. Limitações

Por último, no que diz respeito às limitações descritas pelos estudos, três estudos não apresentam limitações, enquanto a maioria discute as mesmas de forma reduzida. Destaca-se o estudo de Sugawara e colaboradores (2014), que apura as limitações de um modo mais completo, incluindo a inexistência de grupo de controlo que não foi sujeito a período de vigília e inexistência de instrumentos objectivos

confiáveis para avaliação do sono. No entanto, em três dos estudos não se encontra explícito o período e qualidade de sono e em seis verifica-se a inexistência de instrumentos para avaliação objectiva do sono (Dorfberger, Adi-Japha & Karni, 2007; Prehn-Kristensen et al., 2009; Ashtamker & Karni, 2013; Adi-Japha, Badir, Dorfberger & Karni, 2014; Sugawara et al., 2014; Urbain, Houyoux, Albouy & Peigneux, 2014).

Impacto do Sono no desempenho de Tarefas de Memória Procedimental em Crianças:
Revisão Sistemática e Meta-Análise

Tabela I - Análise qualitativa dos estudos incluídos

Autores/ Ano	Desenho de Estudo	Objectivo	Instrumentos de Medida	Intervenção/Condição	Resultados/Conclusões	Limitações	Qualidade Metodológica
Dorfberger, Adi-Japha & Karni, 2007	Estudo <i>before-after</i> sem grupo de controlo, com grupos de crianças com 3 faixas etárias distintas, que desempenham a tarefa motora 24h e 48h após o treino, em duas condições diferentes	Verificar o efeito de um período de sono no desempenho de uma tarefa motora (após 24h do treino), sem prática adicional, e retenção a longo prazo desses ganhos, em crianças de 9, 12 e 17 anos, em comparação	Não descritos	Grupos desempenham a tarefa <i>Finger-to-thumb opposition sequence</i> entre 9h e 12h; Condição 1 - 3 dias consecutivos (24h e 48h após), 20 ensaios com 30 segundos intervalo; 2 dias seguintes - 4 ensaios sucessivos idênticos à 1ª sessão; 48 participantes foram testados 6 semanas após o treino; Condição 2 - 2 dias sucessivos, dia 1 semelhante à experiência 1, mas treino após 2h (sequência inversa de	Adolescentes com 17 anos, comparativamente com 9 e 12 anos, mostraram maior susceptibilidade a uma tarefa subsequente (treino da sequência de movimento contrária); porém, os indivíduos com 17 anos revelaram melhorias significativas após o treino de tarefa de interferência; apenas o desempenho nos adultos é afetado pelo efeito de "treino do mais recente"; crianças e adolescentes mostraram ganhos significativos após a sessão de treino, bem como após 24h, sem diferenças entre grupos; no entanto, as melhorias absolutas entre sessões são superiores nos adolescentes com 17 anos, pelo que também se constatou que a velocidade e precisão inicial aumenta com a idade	Inexistência de período/qualidade de sono; Inexistência de instrumentos de medida; Inexistência de grupo de controlo	QATSDD: 19 Instrumento para Estudos de Intervenção <i>Before-After</i> sem grupo de controlo: Razoável

O Impacto do Sono no desempenho de Tarefas de Memória Procedimental em Crianças:
Revisão Sistemática e Meta-Análise

Autores/ Ano	Desenho de Estudo	Objectivo	Instrumentos de Medida	Intervenção/Condição	Resultados/Conclusões	Limitações	Qualidade Metodológica
		com adultos		movimentos); 3ª sessão - 4 ensaios treinados sessão inicial			
Fischer, Wilhelm & Born, 2007	Estudo <i>before-after</i> com grupo de controlo. Cada indivíduo integra aleatoriamente o grupo controlo e experimental, distantes por 4 semanas	Verificar o efeito de um período de sono <i>versus</i> período de vigília no desempenho de uma tarefa motora, em crianças, em comparação com os adultos	Polissonografia; <i>Checklist Standard</i> (adultos) e entrevista semi-estruturada (crianças) - fadiga e concentração	Cada indivíduo desempenha a tarefa <i>Serial reaction time</i> , entre as 18h (crianças) e 19h (adultos), na condição "sono" e entre as 8h e 9h na condição "vigília", durante cerca de 60 minutos; as condições foram distantes por 4 semanas	Verificou-se uma maior diferença no tempo de reacção posterior ao sono nas crianças do que nos adultos; o período de retenção durante o sono piora o desempenho da sequência da tarefa; a aprendizagem implícita está mais desonvolvida em crianças com idade inferior	-	QATSDD: 22
Wilhelm, Diekelmann & Born, 2008	Estudo <i>before-after</i> com grupo de controlo. Cada	Verificar o efeito de um período de sono <i>versus</i>	Polissonografia; Questionário <i>Standard</i> (adultos) e	Cada indivíduo desempenha 3 tarefas: <i>Finger tapping</i> , <i>Word-pair associate learning</i>	Verificou-se que as crianças mostraram menores ganhos no desempenho da tarefa procedimental após período de sono do que em	-	QATSDD: 21

O Impacto do Sono no desempenho de Tarefas de Memória Procedimental em Crianças:
Revisão Sistemática e Meta-Análise

Autores/ Ano	Desenho de Estudo	Objectivo	Instrumentos de Medida	Intervenção/Condição	Resultados/Conclusões	Limitações	Qualidade Metodológica
	indivíduo integralmente aleatoriamente o grupo controle e experimental, distantes por 1 semana	período de vigília no desempenho de tarefas de memória declarativa e procedimental em crianças, em comparação com os adultos	entrevista semi estruturada (crianças) - fadiga e motivação	e <i>2D object location</i> , em 2 condições ("sono" e "vigília"), em casa. Sessões distantes por 1 semana, e sessão pós teste cerca de 11h depois; sessão pré-teste 12 ensaios de 30 segundos, com 30 segundos de intervalo; na sessão pós-teste, realizaram 3 ensaios e foi introduzida nova sequência	vigília, contrariamente aos adultos; nas crianças, o desempenho na tarefa introduzida foi superior na condição de vigília do que após o período de sono; crianças apresentam um ritmo mais lento na generalidade; nenhum dos parâmetros do sono foi significativamente associado com as melhorias no desempenho das tarefas de memória		
Prehn- Kristensen et al., 2009	Estudo <i>before- after</i> com grupo de controle. Cada indivíduo integralmente aleatoriamente	Verificar o impacto de um período de sono <i>versus</i> período de vigília no	Escala analógica visual - sono/fadiga	Cada indivíduo desempenha a tarefa <i>Mirror tracing</i> , sendo que a sessão de teste decorre 11h após e consiste em 10 ensaios; todos os participantes	Não se observaram melhorias no desempenho da tarefa procedimental após o sono; crianças referiram tender a uma maior fadiga após período de vigília, em relação ao período de sono	Inexistência de instrumentos objetivos de avaliação do sono	QATSDD: 23

O Impacto do Sono no desempenho de Tarefas de Memória Procedimental em Crianças:
Revisão Sistemática e Meta-Análise

Autores/ Ano	Desenho de Estudo	Objectivo	Instrumentos de Medida	Intervenção/Condição	Resultados/Conclusões	Limitações	Qualidade Metodológica
	o grupo de controlo e experimental, distantes por 2 semanas	desempenho de tarefas de memória declarativa/ emocional e procedimental em crianças		fazem parte do grupo "vigília" (aprendizagem período da manhã e desempenho noite) e grupo "sono" (aprendizagem noite e desempenho manhã dia seguinte), distantes 2 semanas			
Prehn-Kristensen et al., 2011	Estudo <i>before-after</i> com grupo de controlo. Cada indivíduo integra aleatoriamente o grupo de controlo e experimental, distantes por 1	Verificar o impacto de um período de sono <i>versus</i> período de vigília no desempenho de tarefa motora, em crianças	Polissonografia; KITAP (Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung für Kinder) - estado de alerta	Indivíduos desempenham a tarefa <i>Button-box</i> , cada ensaio consiste em 10 sequências consecutivas, com intervalo de 30 segundos até o ensaio seguinte; cada participante participa em duas condições:	Participantes com DAH e saudáveis não apresentaram diferenças em quaisquer parâmetros do sono; em crianças saudáveis, o tempo de reacção no desempenho da tarefa não difere nos grupos "vigília" e "sono"; o período de sono normaliza os défices na memória procedimental em crianças com DAH, mas não em saudáveis	-	QATSDD: 22

O Impacto do Sono no desempenho de Tarefas de Memória Procedimental em Crianças:
Revisão Sistemática e Meta-Análise

Autores/ Ano	Desenho de Estudo	Objectivo	Instrumentos de Medida	Intervenção/Condição	Resultados/Conclusões	Limitações	Qualidade Metodológica
	semana	saudáveis, em comparação com crianças com Défice de Atenção e Hiperactivid ade (DAH)		"vigília" (aprendizagem período da manhã e desempenho noite) e "sono" (aprendizagem noite e desempenho manhã dia seguinte, por 2 noites consecutivas), distantes 1 semana, em casa			
Voderholzer et al., 2011	Estudo <i>before- after</i> sem grupo de controlo. Os indivíduos são sujeitos a diferentes períodos de sono após o treino das tarefas	Verificar o efeito de diferentes dimensões da restrição do sono após o treino no desempenho de tarefas de memória declarativa e	Polissonografia; Actigrafia; Questionário SF-A - qualidade subjectiva sono	Cada indivíduo desempenha a tarefa <i>Word-pair</i> (memória declarativa) e <i>Mirror tracing</i> (memória procedimental); 5 protocolos sono distintos (9,8,7,6,5h) durante 4 noites consecutivas, depois de 1 noite de adaptação no	Verificou-se que a restrição do sono no período nocturno não apresenta impacto significativo na consolidação de memória declarativa e procedimental e por sua vez, no desempenho das tarefas; grupos com período de sono de 9,8,7,6 e 5h após o treino, mostraram níveis elevados semelhantes na consolidação de memórias; a monitorização da polissonografia após o período de	Inexistência de grupo de controlo	QATSDD: 24 Estudos de Intervenção <i>Before-After</i> sem grupo de controlo: Bom

O Impacto do Sono no desempenho de Tarefas de Memória Procedimental em Crianças:
Revisão Sistemática e Meta-Análise

Autores/ Ano	Desenho de Estudo	Objectivo	Instrumentos de Medida	Intervenção/Condição	Resultados/Conclusões	Limitações	Qualidade Metodológica
		procedimental em adolescentes		laboratório, sem sono diurno; pós teste 2 noites de recuperação após, dia 8 e dia 36 (4 semanas depois); desde a 2ª até à 4ª noite, os indivíduos mantiveram-se em casa, pelo que na 5ª noite regressaram ao laboratório	restrição de sono demonstrou a preservação da quantidade de ondas lentas		
Holz et al., 2012	Estudo <i>before-after</i> sem grupo de controlo. Cada grupo de indivíduos treina a tarefa imediatamente antes e 7.5h antes ao teste	Verificar o impacto do tempo de treino antecedente ao período de sono (imediatamente antes e 7.5h antes)	Polissonografia; <i>Scales to Assess Goal Orientation and Achievement</i> - percepção stress e nível de motivação; <i>Test for Attentional</i>	Cada participante treina a tarefa declarativa – <i>Word-pair association</i> e procedimental - <i>Finger-tapping</i> às 15h (grupo tarde) e 21h (grupo noite); 12 ensaios durante 30 segundos, seguida de	Ganhos no desempenho na tarefa procedimental foram significativamente superiores em indivíduos treinados no período da noite do que na tarde, pelo que a aprendizagem imediatamente antes do sono promove uma melhor consolidação da memória procedimental; efeito do sono na aprendizagem motora é superior nas	Inexistência de grupo de controlo	QATSDD: 26 Estudos de Intervenção <i>Before-After</i> sem grupo de controlo: Bom

O Impacto do Sono no desempenho de Tarefas de Memória Procedimental em Crianças:
Revisão Sistemática e Meta-Análise

Autores/ Ano	Desenho de Estudo	Objectivo	Instrumentos de Medida	Intervenção/Condição	Resultados/Conclusões	Limitações	Qualidade Metodológica
	do desempenho das tarefas (verificado 24h e 7 dias após).	no desempenho de tarefas de memória declarativa e procedimental em adolescentes	<i>Performance</i> - estado de alerta	noite no laboratório; retenção verificada 24h e 7 dias após treino inicial, às 15h	4-6 horas após treino inicial		
Wilhelm, Metzkow- Mészáros, Knapp & Born, 2012	Estudo <i>before-after</i> com grupo de controle. Cada indivíduo integra aleatoriamente o grupo controle e experimental, distribuídos por diferentes níveis de	Verificar o impacto de um período de sono <i>versus</i> período de vigília no desempenho de uma tarefa motora com diferentes níveis de	Polissonografia; Escala subjectiva sobre humor, fadiga e motivação	Cada indivíduo desempenha a tarefa <i>Button-box</i> , quer antes e após um período de sono diurno, como em estado de vigília; grupo de crianças (desempenho intermédio) realiza a tarefa com 10 blocos de treino, porém com treino constituído por 10 blocos cada um, em	Verificou-se que em ambos os grupos, o sono induz ganhos no desempenho mais significativos no nível intermédio de treino. Pelo contrário, o treino no nível baixo de desempenho nas crianças e alto desempenho nos adultos não beneficia com o sono. Independentemente da idade, os indivíduos após o período de sono mostraram ganhos superiores no desempenho, em detrimento dos que se mantiveram em vigília	-	QATSDD: 24

O Impacto do Sono no desempenho de Tarefas de Memória Procedimental em Crianças:
Revisão Sistemática e Meta-Análise

Autores/ Ano	Desenho de Estudo	Objectivo	Instrumentos de Medida	Intervenção/Condição	Resultados/Conclusões	Limitações	Qualidade Metodológica
	desempenho	treino, na qual se encontra implícita a memória procedimental, em crianças, comparativa mente com os adultos		dois dias antecedentes; grupo de crianças (baixo desempenho) e grupo de adultos (alto desempenho) realiza a tarefa com 10 blocos, sem treino anterior; grupo de adultos (desempenho intermédio) desempenha a tarefa apenas com 2 blocos, também sem treino adicional; cada bloco é constituído por 5 sequências com 20 segundos de intervalo			
Ashtamker & Karni, 2013	Estudo <i>before-after</i> sem grupo de controlo. Cada	Verificar o efeito do período de tempo após	Não descritos	Cada indivíduo treina a tarefa <i>Finger-to-thumb Opposition Sequence</i> , que desempenha num	Crianças consolidam novas aprendizagens motoras com um ritmo superior aos adultos. Foram verificadas melhorias no desempenho	Inexistência de período/qualidade de	QATSDD: 17 Instrumento para Estudos de Intervenção

O Impacto do Sono no desempenho de Tarefas de Memória Procedimental em Crianças:
Revisão Sistemática e Meta-Análise

Autores/ Ano	Desenho de Estudo	Objectivo	Instrumentos de Medida	Intervenção/Condição	Resultados/Conclusões	Limitações	Qualidade Metodológica
	grupo treina a tarefa imediatamente após, 3h depois e após período de sono – 24h	o treino (imediatamente após, 3h depois e após período de sono – 24h), no desempenho de uma tarefa motora, em crianças, comparativamente com os adultos		primeiro momento (Pre), imediatamente após a sessão de treino (ImmPost) e após 24h (24hPost); o treino é constituído por 10 ensaios; durante o teste a tarefa é composta por 4 ensaios, com 30 segundos cada, com 30 segundos de repouso entre cada; metade dos participantes foram testados 1h após o treino e os restantes 3h depois do término do treino; outro grupo de crianças apenas realiza a tarefa após 24h do treino; adultos realizam a tarefa após 1h e 3h	após 1h, em ambos os grupos. Também se observaram ganhos significativos na velocidade e precisão depois 24h nos adultos. Nas crianças os ganhos surgiram imediatamente após a sessão de treino. Os ganhos nas crianças em estado de alerta são mais semelhantes aos dos adultos no sono.	sono; Inexistência de instrumentos de medida; Inexistência de grupo de controlo	<i>Before-After</i> sem grupo de controlo: Razoável

O Impacto do Sono no desempenho de Tarefas de Memória Procedimental em Crianças:
Revisão Sistemática e Meta-Análise

Autores/ Ano	Desenho de Estudo	Objectivo	Instrumentos de Medida	Intervenção/Condição	Resultados/Conclusões	Limitações	Qualidade Metodológica
				após treino, bem como 24h após			
Ashworth, Hill, Karmiloff- Smith & Dimitriou, 2013	Estudo <i>before- after</i> com grupo de controle. Cada grupo de indivíduos faz parte somente do grupo experimental ou de controle, de forma aleatória	Verificar o efeito de um período de sono no desempenho de tarefas de memória explícita e implícita, em crianças	Actigrafia	Grupo de crianças desempenha 2 tarefas: memória explícita - <i>Animal Names</i> e memória implícita - <i>Tower of Hanoi</i> ; treino consistiu em completar a tarefa 5 vezes; desempenho de manhã (seguido de período de sono) e ao final da tarde (após período de vigília), testadas 12h e 24h após, na casa/escola dos participantes	Crianças mostraram melhorias significativas no desempenho da tarefa a 25% depois do período de sono, porém não se verificaram mudanças significativas no desempenho após o intervalo de retenção em estado de alerta; a qualidade e duração do sono não se relacionam com o desempenho nas tarefas	Inespecificidade dos componentes <i>/outcomes</i> da tarefa implícita; tarefa implícita com parâmetros cognitivos; Inexistência de grupo de controle	QATSDD: 21
Wilhelm et al., 2013	Estudo <i>before- after</i> com grupo de	Verificar o efeito de um período de	Polissonografia; Questionário - Hábitos de	Cada indivíduo realiza a tarefa <i>Button-box</i> ; grupo treina de manhã	Verificou-se que tanto nas crianças como nos adultos, o tempo de reacção no desempenho da tarefa	-	QATSDD: 22

O Impacto do Sono no desempenho de Tarefas de Memória Procedimental em Crianças:
Revisão Sistemática e Meta-Análise

Autores/ Ano	Desenho de Estudo	Objectivo	Instrumentos de Medida	Intervenção/Condição	Resultados/Conclusões	Limitações	Qualidade Metodológica
	controlo. Cada indivíduo integra aleatoriamente o grupo controlo e experimental	sono <i>versus</i> período de vigília no desempenho de uma tarefa motora, em crianças, comparativa mente com os adultos	sono; Escala subjectiva sobre fadiga e motivação	(após período de sono) e outro grupo final da tarde (depois de período de vigília) e verifica-se o desempenho, em casa; grupo controlo de crianças treina a tarefa no final da tarde, mas realiza pós-teste imediatamente após; outro grupo de crianças treina tarefa com sequência de 16 elementos, em vez de 8 elementos; período de sono e tarefa desempenhada em casa dos participantes	diminuiu após o treino		
Adi-Japha, Badir,	Estudo <i>before-after</i> sem	Verificar o impacto de	Não descritos	Indivíduos são distribuídos pelas 2	Nas crianças, bem como nos adultos, os benefícios sem a tarefa de	Inexistência de	QATSDD: 17 Instrumento

O Impacto do Sono no desempenho de Tarefas de Memória Procedimental em Crianças:
Revisão Sistemática e Meta-Análise

Autores/ Ano	Desenho de Estudo	Objectivo	Instrumentos de Medida	Intervenção/Condição	Resultados/Conclusões	Limitações	Qualidade Metodológica
Dorfberger & Karni, 2014	grupo de controlo. Cada indivíduo desempenha a tarefa motora antes e após período de sono, pelo que metade dos participantes do grupo das crianças desempenha tarefa intermédia anterior à sessão de teste	uma tarefa intermédia entre o treino (pré- teste) e o teste (após período de sono – 24h) no desempenho de uma tarefa motora, nas crianças, comparativa mente com os adultos		sequências distintas da tarefa <i>Finger-to-thumb opposition sequence</i> , constituída por 20 ensaios com duração de 30 segundos cada, com intervalo semelhante; 15 minutos após o treino, metade dos participantes de cada grupo (crianças e adultos) realizam a tarefa <i>mirror-reversed</i> (condição de interferência), por 3 vezes; após 24h, todos os indivíduos realizam a tarefa de treino inicial (4 ensaios)	interferência são superiores. Os processos de consolidação nas crianças e adultos são semelhantes. No entanto, a memória procedimental estabiliza com um ritmo superior nas crianças, num estado de alerta (estabilização parcial após 15 minutos depois do treino)	período/qual idade de sono; Inexistência de instrumentos de medida; Inexistência de grupo de controlo	para Estudos de Intervenção <i>Before-After</i> sem grupo de controlo: Razoável

O Impacto do Sono no desempenho de Tarefas de Memória Procedimental em Crianças:
Revisão Sistemática e Meta-Análise

Autores/ Ano	Desenho de Estudo	Objectivo	Instrumentos de Medida	Intervenção/Condição	Resultados/Conclusões	Limitações	Qualidade Metodológica
Sugawara et al., 2014	Estudo <i>before-after</i> sem grupo de controlo. Cada indivíduo desempenha a tarefa motora antes e após período de sono	Verificar o impacto de um período de sono no desempenho de uma tarefa motora, em crianças	Observação indirecta (pais) – duração sono; Questionários subjectivos (crianças) – nível de alerta, concentração e fadiga	Cada indivíduo realiza a tarefa <i>Finger-tapping</i> ; o treino (dia 1) consiste na realização de 12 ensaios durante 30 segundos, com período de repouso semelhante; o teste (dia 2) é desempenhado apenas com 5 ensaios, com o mesmo intervalo	No grupo das crianças com 9 e 11 anos, verificaram-se melhorias significativas no desempenho durante a sessão de treino em comparação com o final da sessão de pós-teste, o que confirma os ganhos no período de sono; constatou-se uma correlação significativa entre as melhorias e a duração do período de sono; ganhos na memória motora relacionam-se com o sono e não meramente com a passagem do tempo	Inexistência de instrumentos objectivos sono; Inexistência de grupo de controlo	QATSDD: 24 Instrumento para Estudos de Intervenção <i>Before-After</i> sem grupo de controlo: Bom
Urbain, Houyoux, Albouy & Peigneux, 2014	Estudo <i>before-after</i> com grupo de controlo. Cada grupo de indivíduos faz parte somente do grupo experimental	Verificar o efeito de um período de sono <i>versus</i> período de vigília no desempenho de uma tarefa	<i>Children Morningness-Eveningness Preference</i> - ritmos circadianos; versão adaptada <i>St Mary's Hospital Sleep</i>	Cada indivíduo realiza a tarefa <i>Rotation adaptation</i> . Cada bloco consiste em 16 ensaios; sessões de treino e pós teste são separadas por intervalo de 10-12h (vigília/ sono); sessões de manhã entre as 8h e	Verificaram-se melhorias graduais em todas as variáveis após a sessão de aprendizagem; efeitos da tarefa de interferência são superiores após o treino na condição "sono", do que em estado de alerta, sobretudo em dois parâmetros de velocidade (duração do bloco e tempo final) e uma medida de precisão (área média)	Inexistência de instrumentos objectivos sono	QATSDD: 24

O Impacto do Sono no desempenho de Tarefas de Memória Procedimental em Crianças:
Revisão Sistemática e Meta-Análise

Autores/ Ano	Desenho de Estudo	Objectivo	Instrumentos de Medida	Intervenção/Condição	Resultados/Conclusões	Limitações	Qualidade Metodológica
	ou de controlo, aleatoriamente	motora, após tarefa de interferência , em crianças	<i>Questionnaire</i> - qualidade/quantidade sono	10h; sessões da noite entre 18h e 21h			

Tabela II - Análise quantitativa dos estudos incluídos

Autores/Ano	Amostra			Tarefa desempenhada	Outcome medido/Valor de impacto
	Dimensão	Idade (Média, Desvio Padrão)/Intervalo	Sexo		
Dorfberger, Adi-Japha & Karni, 2007	n=128 crianças / adolescentes n=74 (condição 1) n=54 (condição 2)	Condição 1 - Grupo 1: 8.55; Grupo 2: 11.51; Grupo 3: 16.63 Condição 2 - Grupo 1: 8.58; Grupo 2: 11.87; Grupo 3: 16.89	63 sexo feminino 65 sexo masculino	<i>Finger-to-thumb opposition sequence</i> (1)	Diferença Velocidade (1) (ganhos 24h após), sem interferência - grupo 9 anos: 2.55±1.47; 12 anos: 2.90±1.66; 17 anos: 4±2.66; com interferência - grupo 9 anos: 1.77±1.27; 12 anos: 2.04±2.02; 17 anos: 1.12±2.86
Fischer, Wilhelm & Born, 2007	n=14 crianças	(9.42±1.38) / [7-11 anos]	7 sexo feminino 7 sexo masculino	<i>Serial reaction time task</i> (2)	Diferença Velocidade (1) - sono: 5.08%±1.25%; vigília: 6.52%±1.66% Diferença tempo de reacção (2) - sono: 53.57±10.35ms; vigília: 43.41±12.43ms

O Impacto do Sono no desempenho de Tarefas de Memória Procedimental em Crianças:
Revisão Sistemática e Meta-Análise

Autores/Ano	Amostra			Tarefa desempenhada	Outcome medido/Valor de impacto
	Dimensão	Idade (Média, Desvio Padrão)/Intervalo	Sexo		
					<p>6.52%±1.66%</p> <p>Tempo total de sono (3) - 498.83 ± 7.32 min</p> <p>Latência ondas lentas (4) - 10.83±1.11min</p> <p>Latência sono REM (5) – 168.75±15.51min</p> <p>Sono REM (6) – 92.93±8.73min; 18.63±1.66%</p> <p>Ondas lentas (7) - 144.04±14.89 min; 29.0±2.65%</p>
Wilhelm, Diekelmann & Born, 2008	n=15 crianças	(7.5±0.16)	9 sexo feminino 6 sexo masculino	<i>Finger tapping task</i> (3)	<p>Precisão (8) (número de sequências correctas) - sono: 4.2±1.97; vigília: 8.1±1.00</p> <p>Tempo total de sono (3) - 567.05±16.59 min</p> <p>Latência ondas lentas (4) - 8.65±0.82 min</p> <p>Latência sono REM (5)- 174.60±5.92 min</p> <p>Sono REM (6) – 128.15±7.06 min</p> <p>Ondas lentas (7) - 170.60±22.36 min</p>
Prehn-Kristensen et	n=20 crianças	(11.6±0.82) / [10-13 anos]	20 sexo masculino	<i>Mirror tracing task</i> (4)	<p>Diferença tempo de desempenho (2) – sono: 25370±5610ms; vigília:</p>

O Impacto do Sono no desempenho de Tarefas de Memória Procedimental em Crianças:
Revisão Sistemática e Meta-Análise

Autores/Ano	Amostra			Tarefa desempenhada	Outcome medido/Valor de impacto
	Dimensão	Idade (Média, Desvio Padrão)/Intervalo	Sexo		
al., 2009					22000±4130ms Diferença Número de erros (9) - sono: 1.13±0.69; vigília: 1.54±0.63 Tempo total de sono (3) – 540±43.2min Fadiga (10) - sono: 5.21±0.62; vigília: 6.4±0.64
Prehn-Kristensen et al., 2011	n=16 crianças saudáveis	(11.0±0.99)	Não referido	<i>Button-box task</i> (5)	Diferença tempo de reacção (2) - sono: 65.1±16.1; vigília: 61.3±14.5msec Tempo total de sono (3) - 510±64.2min Eficiência sono (11) – 88.7±7.1% Latência sono (12) - 24.8±18.2min Sono REM (6) – 19.8±4.9%
Voderholzer et al., 2011	n=88 adolescentes	[14-16 anos]	Não referido	<i>Mirror tracing task</i> (4)	Diferença tempo de desempenho (2) – F= 31.9 Diferença número de erros (9) - F= 8.9 Tempo total de sono (3) – F= 147.6 Eficiência sono (11) – F= 10.4 Latência sono (12) - F= 36.0
Holz et al., 2012	n=50 adolescentes n= 25 grupo	Adolescentes - [16-17 anos] Grupo tarde - (16.7±0.5) Grupo noite - (16.5±0.5)	50 sexo feminino	<i>Finger-tapping task</i> (3)	Diferença velocidade (1) (número de sequências correctas) – grupo tarde: 14.4±2.7; grupo noite: 14.9±3.8

O Impacto do Sono no desempenho de Tarefas de Memória Procedimental em Crianças:
Revisão Sistemática e Meta-Análise

Autores/Ano	Amostra			Tarefa desempenhada	Outcome medido/Valor de impacto
	Dimensão	Idade (Média, Desvio Padrão)/Intervalo	Sexo		
	tarde n= 25 grupo noite				<p>Precisão (8) - grupo tarde: $6.9 \pm 4.4\%$; grupo noite: $9.5 \pm 5.5\%$</p> <p>Tempo total de sono (3) - grupo tarde: $517.5 \pm 12.6\text{min}$; grupo noite: $511.2 \pm 17.9\text{min}$</p> <p>Eficiência sono (11) - grupo tarde: $92.0 \pm 3.5\%$; grupo noite: $90.4 \pm 4.7\%$</p> <p>Latência sono (12) - grupo tarde: $18.5 \pm 9.3\text{min}$; grupo noite: $26.0 \pm 17.9\text{min}$</p> <p>Sono REM (6) - grupo tarde: $21.8 \pm 3.9\%$; grupo noite: $19.8 \pm 3.8\%$</p> <p>Ondas lentas (7) - grupo tarde: $23.8 \pm 6.6\%$; grupo noite: $27.3 \pm 8.2\%$</p>
Wilhelm, Metzkow-Mészáros, Knapp & Born, 2012	n=35 crianças	(5.44 ± 0.75) / [4-6 anos]	Não referido	<i>Button-box task</i> (5)	<p>Diferença tempo de reação (2) - grupo baixo desempenho (sono: $12.54 \pm 2.41\%$, vigília: $9.83 \pm 2.55\%$) - grupo intermédio (sono: $7.83 \pm 2.58\%$, vigília: $-0.60 \pm 2.36\%$) - grupo alto desempenho (sono: $6.76 \pm 3.19\%$, vigília: $8.00 \pm 2.44\%$)</p> <p>Tempo total de sono (3) - grupo intermédio desempenho - $66.1 \pm 2.9\text{min}$;</p>

O Impacto do Sono no desempenho de Tarefas de Memória Procedimental em Crianças:
Revisão Sistemática e Meta-Análise

Autores/Ano	Amostra			Tarefa desempenhada	Outcome medido/Valor de impacto
	Dimensão	Idade (Média, Desvio Padrão)/Intervalo	Sexo		
					<p>grupo baixo desempenho - 66.6 ± 4.0 min</p> <p>Latência ondas lentas (4) - desempenho intermédio - 8.5 ± 0.9 min; baixo desempenho - 8.00 ± 0.7 min</p> <p>Latência REM (5) - desempenho intermédio - 59.4 ± 3.9; baixo desempenho - 63.9 ± 4.7</p> <p>Sono REM (6) - desempenho intermédio - 3.6 ± 0.8 min ($5.6 \pm 1.2\%$); baixo desempenho - 2.9 ± 1.0 min ($4.0 \pm 1.5\%$)</p> <p>Ondas lentas (7) - desempenho intermédio - 40.5 ± 3.6 min ($60.9 \pm 3.6\%$); baixo desempenho - 43.0 ± 2.9 min ($65.6 \pm 3.2\%$)</p>
Ashtamker & Karni, 2013	<p>n=30 crianças</p> <p>n=10 crianças (apenas realiza tarefa 24h após)</p>	<p>Crianças - (10.6 ± 0.62)</p> <p>Crianças apenas 24h após - (9.83 ± 0.72)</p>	Não referido	<p><i>Finger-to-thumb Opposition Sequence</i> (1)</p>	<p>Velocidade (1) (24h após) - $F(1.30)=118.98$</p> <p>Precisão (8) (24h após) - $F(1.30)=9.622$</p>

O Impacto do Sono no desempenho de Tarefas de Memória Procedimental em Crianças:
Revisão Sistemática e Meta-Análise

Autores/Ano	Amostra			Tarefa desempenhada	Outcome medido/Valor de impacto
	Dimensão	Idade (Média, Desvio Padrão)/Intervalo	Sexo		
Ashworth, Hill, Karmiloff-Smith & Dimitriou, 2013	n=28 crianças n=15 grupo sono n=13 grupo vigília	(9.31±1.52) / [6-12 anos]	13 sexo feminino 15 sexo masculino	<i>Tower of Hanoi</i> (6)	Diferença tempo de desempenho (2) – grupo sono: -25.01%; vigília: +2.70% Tempo total de sono (3) - 503±33 min Eficiência sono (11) - 88.18±3.30% Latência sono (12) - 26±08 min
Wilhelm et al., 2013	n=49 crianças	(9.58±0.15) / [8-11 anos]	Não referido	<i>Button-box task</i> (5)	Número de sequências correctas (8) – sono: 7.63±0.26; vigília: 4.00±0.54 Ondas lentas (7) - 216.64±18.99 min; 37.3±3.4%
Adi-Japha, Badir, Dorfberger & Karni, 2014	n=40 crianças n=20 tarefa interferência n=20 sem tarefa interferência	(9 anos)	20 sexo feminino 20 sexo masculino	<i>Finger-to-thumb opposition sequence</i> (1)	Velocidade (1) – F(1.19)=84.38 - sem tarefa interferência; F(1.19)=24.59 - com tarefa interferência Precisão (8) – F(1.19)=15.33 - sem tarefa interferência; F(1.19)=6.82 - com tarefa interferência
Sugawara et al., 2014	n=24 crianças	(9.42±1.14) / [9-11 anos]	10 sexo feminino 14 sexo masculino	<i>Finger-tapping task</i> (3)	Diferença tempo de desempenho (2) – F(1.22)=56.12 Tempo total de sono (3)- OR=0.3721 Duração estado de alerta (13) -

O Impacto do Sono no desempenho de Tarefas de Memória Procedimental em Crianças:
Revisão Sistemática e Meta-Análise

Autores/Ano	Amostra			Tarefa desempenhada	Outcome medido/Valor de impacto
	Dimensão	Idade (Média, Desvio Padrão)/Intervalo	Sexo		
					OR=0.0576
Urbain, Houyoux, Albouy & Peigneux, 2014	n=32 crianças n= 16 grupo sono n= 16 grupo vigília	[10-12 anos]	Crianças grupo sono - 8 sexo feminino; 8 sexo masculino Crianças grupo vigília - 8 sexo feminino; 8 sexo masculino	<i>Rotation adaptation task</i> (7)	Tempo total de sono (3) – grupo sono: 532.8±53.4min; grupo vigília: 554.4±47.4min Latência sono (12) - grupo sono: 27.1±28.9min; grupo vigília: 30.1±24.9min

IV. DISCUSSÃO

Na presente revisão foi identificada e sumarizada a evidência do impacto do sono no desempenho de tarefas de memória procedimental em crianças saudáveis. Apenas 14 estudos reuniram os critérios de elegibilidade de modo a serem incluídos. Constatou-se que a maioria dos estudos que relacionam as duas variáveis em estudo se encontra a partir do ano de 2004. A amostra foi constituída por estudos de intervenção *before-after*, com e sem grupo de controlo, entre 2007 e 2014, o que confirma a actualidade do tema abordado.

À semelhança da meta-análise realizada por Pan & Rickard (2015) que concluiu que o sono não beneficia a aprendizagem motora em adultos, a maioria dos estudos incluídos neste estudo não mostra evidência do sono como facilitador. Tal também é verificado na presente meta-análise, na qual os valores do tempo de reacção são favorecidos no período de vigília de forma estatisticamente significativa.

Porém, quatro dos estudos analisados denotaram melhorias, estatisticamente significativas, no que diz respeito ao efeito de um período de sono no desempenho de uma tarefa motora. Neste sentido, estudos recentes sugerem que estes ganhos no desempenho das tarefas podem ser enviesados por vários fatores que não meramente relacionados com a consolidação da memória procedimental neste período (Rickard et al., 2008; Brawn et al., 2010; Pan & Rickard, 2015).

Um dos estudos incluídos (Dorfberger, Adi-Japha & Karni, 2007) concluiu que as crianças melhoram o seu desempenho de forma significativa após o treino e depois 24 horas. Todavia, é referido que o treino com duas sequências inversas da mesma tarefa pode influenciar o desempenho dos movimentos individualizados dos dedos. Estudos mostram que os diferentes aspectos da memória procedimental são processados separadamente e somente a sequência dos movimentos é reforçada ao longo do dia (Cohen, Pascual-Leone, Press & Robertson, 2005).

Segundo Fischer, Wilhelm e Born (2007), nas crianças, o sono prejudica o conhecimento implícito da sequência da tarefa, contrariamente aos adultos. Estes autores explicam que a aprendizagem implícita nas crianças é mais afectada por

factores contextuais. Neste caso os participantes permanecem na posição de sentado, numa sala escura e sem ruído, em frente ao monitor do computador. Também identificam os factores circadianos como outro confundidor, apesar de que os resultados do tempo de reacção não variaram significativamente de acordo com este parâmetro. Tal facto pode ser complementado com o estudo de Rieth, Cai, McDevitt e Mednick (2010), no qual foi demonstrado que o desempenho de tarefas motoras simples durante o período da manhã foi significativamente melhor do que o desempenho durante a noite, indicando que a fase do dia pode produzir um efeito ilusório (Cajochen et al., 2004; Kuriyama, Stickgold, & Walker, 2004; Cohen & Robertson, 2007; Doyon et al., 2009; Brawn et al., 2010; Nemeth et al., 2010; Debarnot et al., 2011; Pan & Rickard, 2015). Contudo, estudos anteriores indicam que os processos de consolidação que ocorrem durante a noite e o dia são basicamente equivalentes (Mednick et al., 2003).

Ainda no estudo de Fischer, Wilhelm e Born (2007) factores inespecíficos, como a diminuição da motivação, a inércia do sono e a fadiga na sessão de teste não explicam os resultados, embora as crianças não tenham usufruído de um número de horas de sono suficiente. O período ideal de sono para a respectiva faixa etária encontra-se entre as 9 e 11 horas. Por outro lado, Fischer e colaboradores (2005) defendem fortemente que a fadiga piora a atenção na tarefa, à semelhança do demonstrado por Brawn, Fenn, Nusbaum e Margoliash (2010) e Rieth, Cai, McDevitt e Mednick (2010). Consistente com esta hipótese, Pan e Rickard, (2015) discutem que a inibição reactiva pode alterar os resultados, isto é, as sessões com períodos de repouso entre ciclos tendem a favorecer o desempenho. Outros autores referem como benéfico a existência de intervalos ao longo das sessões (Walker et al., 2003; Press et al., 2005; Albouy et al., 2008), o que é possível averiguar na maioria dos estudos, com trinta segundos de repouso entre ensaios. Outro argumento prende-se com as mudanças ocorridas nas estruturas cerebrais recrutadas nas crianças aquando o desempenho da tarefa, com um reforço preferencial dos aspectos do hipocampo na representação da memória, em comparação com os adultos, que fortalece o envolvimento do núcleo caudado, em concordância ao verificado no estudo de Wilhelm, Diekelmann e Born (2008).

Wilhelm, Diekelmann e Born (2008) revelam que os factores inespecíficos, tal como fadiga, ausência de familiaridade com as condições experimentais e estado de humor, foram cuidadosamente controlados e, portanto, não são susceptíveis de ter confundido o resultado do desempenho da tarefa. É de notar que o nível de conhecimento das condições é um factor que influencia de forma clara, porém não determina absolutamente se o conhecimento explícito pode ser desenvolvido durante o sono subsequente (Erlacher & Schredl, 2006; Yordanova, Kolev, Verleger, Bataghva, Born & Wagner, 2008). No que concerne ao estado de humor, novas investigações mostram que o contexto emocional em que uma tarefa é aprendida pode ter impacto na consolidação da memória (Tucker e Fishbein 2009; Javadi, Walsh, & Lewis, 2011; Wilhelm, Diekelmann, Molzow, Ayoub, Mölle, & Born, 2011). Por outro lado, notou-se que a maioria das crianças tendem a falar em voz alta os respectivos números atribuídos aos locais a pressionar, indicando que a aprendizagem se baseou fortemente na aprendizagem explícita, na qual é requerida o hipocampo, além de funções pré-frontais.

A interacção recíproca entre sistemas de memória implícita e explícita e os factores circadianos também constituem argumentos, no estudo de Wilhelm, Diekelmann e Born (2008), Prehn-Kristensen e colaboradores (2009), Holz e colaboradores (2012) e Wilhelm e colaboradores (2012), justificativos da ausência de efeito do sono na memória procedimental. O estado de alerta e concentração diferem com a fase de teste, indicando que uma maior sonolência e por sua vez, menor concentração está presente a meio da noite, comparativamente com o período da manhã e tarde. Todavia, estas influências circadianas consideram-se relativamente baixas relativamente aos efeitos de activação do desempenho da tarefa *per se* (Yordanova, Kolev, Verleger, Bataghva, Born & Wagner, 2008). Outra das razões identificadas por Prehn-Kristensen e colaboradores (2009) para a inexistência de melhorias consiste na amostra reduzida (n=20), que se demonstrou insuficiente para encontrar resultados estatisticamente significativos, bem como a inexistência de instrumentos objectivos de avaliação do sono, sobretudo a polissonografia. Da mesma forma, a inexistência de ferramentas de avaliação adequadas foi relatada no estudo Sugawara e colaboradores (2014), assim como de Ashworth, Hill, Karmiloff-Smith e

Dimitriou (2013), uma vez que a actigrafia não providenciou informação com sensibilidade suficiente para detectar a relação da qualidade/duração do sono com o desempenho nas tarefas.

Os resultados encontrados no estudo de Prehn-Kristensen e colaboradores (2011) podem ser causados pela interferência de aspectos explícitos da tarefa, que englobam a consciência da sequência da mesma (Meier & Cock, 2014) e a capacidade de a recordar verbalmente. Ao contrário do esperado, alguns estudos indicam que as melhorias da memória procedimental requerem alguma intencionalidade na aprendizagem, como por exemplo, em relação a determinados objectivos de movimento, embora não se verifique uma consciência dos aspectos verdadeiramente implícitos da tarefa (Robertson, Pascual-Leone, & Press, 2004).

Voderholzer e colaboradores (2011) defendem que os seus achados podem ser devidos à capacidade compensatória desencadeada pela restrição do sono, promovida por um aumento da actividade de ondas lentas, embora a fadiga aumente significativamente com um nível de restrição de sono superior. Adicionalmente, Finelli e Sejnowski (2005) demonstraram que a velocidade de desempenho, significativamente superior durante a retenção no período diurno em vigília, pode ser justificado pela existência de uma resposta compensatória ao aumento da necessidade de sono, que é desencadeado durante a vigília prolongada. Outra razão para a restrição do sono no período nocturno não apresentar impacto significativo na consolidação de memória procedimental e por sua vez, no desempenho das tarefas deve-se à maior motivação para o desempenho das tarefas nos indivíduos com maior restrição de sono. Isto porque os participantes foram informados sobre a avaliação dos diferentes grupos após o treino. Tucker e Fishbein (2009) acrescentam que é concebível que o nível de motivação possa facilitar a aquisição da tarefa, que se traduz num aumento dos ganhos relacionados com o período de sono. Assim, a expectativa de melhoria revela-se como um factor importante na consolidação das memórias recém-codificadas durante o sono (Wilhelm, Diekelmann, Molzow, Ayoub, Mölle, & Born, 2011). À semelhança, Adi-Japha, Badir, Dorfberger e Karni (2014) também propõem a motivação como um factor diferencial entre crianças e adultos.

Wilhelm, Metzkow-Mészáros, Knapp e Born (2012) sublinham a influência da fadiga, que aumenta ao longo das sessões, e da automatização de movimentos, superior nos adultos. Assim, a reduzida activação do hipocampo em crianças com baixo nível de desempenho pode ser interpretada como justificação da ausência de efeito positivo do sono.

No estudo de Ashworth, Hill, Karmiloff-Smith & Dimitriou (2013) a tarefa utilizada é apontada como uma das limitações, na qual se recorre a processos declarativos, não sendo uma tarefa puramente procedimental, o que sugere que a consolidação da memória procedimental depende das características específicas da tarefa (Smith, Aubrey & Peters, 2004; Brown, & Robertson, 2007; Doyon et al., 2009; Nemeth et al., 2010). Há alguma evidência que aponta que o desempenho nas tarefas motoras finas complexas beneficiam do sono em maior extensão do que o desempenho de tarefas simples (Kempler, & Richmond, 2012). De acordo com Kuriyama, Stickgold e Walker (2004) uma tarefa com maior complexidade, incluindo uma sequência motora extensa e coordenação bimanual prediz um aumento das melhorias no seu desempenho. Esta hipótese é suportada por várias abordagens fisiológicas que indicam que os movimentos complexos bimanuais envolvem diferentes sistemas neurais, incluindo regiões corticais e subcorticais, assim como o cerebelo (Kuriyama, Stickgold & Walker, 2004).

Urbain, Houyoux, Albouy e Peigneux (2014) também explicam as discrepâncias verificadas como resultado da tarefa usada, comparativamente ao estudo de Wilhelm e colaboradores (2008), sendo que neste recorrem à tarefa *Finger tapping* e sugerem melhorias no desempenho, enquanto no estudo de Urbain, Houyoux, Albouy e Peigneux (2014) se observam resultados contraditórios, com recurso à tarefa *Rotation adaptation*.

Wilhelm e colaboradores (2013) somente apontam o papel do hipocampo e o aumento da actividade de ondas lentas no período de sono como facilitadores da aprendizagem da sequência motora nas crianças.

Outros factores devem ser considerados, essencialmente relacionados com a caracterização da amostra.

No concernente ao sexo dos participantes, é possível verificar uma distribuição semelhante dos indivíduos do sexo feminino e masculino, embora esta variável não seja referida em 5 dos estudos. Além disso, nos estudos não são reportadas as diferenças de desempenho em relação ao sexo.

Quanto às idades, sabe-se que variam entre 4 e 17 anos, sendo que a amostra dos estudos que encontraram melhorias após o período de sono possui entre 4 a 12 anos. No entanto, este intervalo de idades também foi encontrado em indivíduos incluídos em estudos que concluíram que o sono prejudica o desempenho. Assim, parece que a idade não foi preponderante para a diferença do desempenho nas tarefas. Porém, Sugawara e colaboradores (2014) sugerem a idade dos participantes como o motivo das diferenças verificadas nos vários estudos, tal como no estudo de Nemeth e colaboradores (2010).

As potencialidades desta revisão sistemática centram-se na atualidade dos estudos incluídos e no recurso a dois revisores para todas as fases do processo de pesquisa, selecção e análise de dados, seguindo-se criteriosamente os protocolos e recomendações descritas na literatura da área (Pai et al., 2004; Moher, Liberati, Tetzlaff, & Altman, 2009; Vandenbroucke, 2009; Higgins, & Green, 2011). Outro ponto forte consiste no uso de dois instrumentos de avaliação de qualidade metodológica, a escala QATSDD, complementada com outro instrumento indicado para estudos de intervenção antes-após, sem grupo de controlo.

No entanto, os artigos incluídos consistentemente apresentaram pontuações de qualidade reduzida, especialmente considerando a representatividade da amostra e a ausência de uma discussão crítica dos pontos fortes e limitações. Verifica-se que os investigadores discutem principalmente os resultados fulcrais e estudos que vão ao encontro ou que contradizem as suas descobertas.

Optou-se por incluir estudos de intervenção *before-after*, com e sem grupo de controlo, contudo verificou-se que grande parte dos estudos não dispôs de informação suficiente para avaliar criteriosamente o seu nível evidência e o risco de viés. Ainda, o facto de que alguns dos estudos integram os mesmos indivíduos no grupo experimental e de controlo pode favorecer a avaliação no segundo momento. Tal

parece ser justificado com o efeito do treino, que por sua vez, promove a consolidação da aprendizagem. Contudo, não é possível clarificar esse efeito, uma vez que geralmente os estudos não apresentam os valores de desempenho em ambos os grupos antes e após cada sessão, mas sim as diferenças entre grupos após sessão de treino e de teste.

CONCLUSÃO

A presente evidência não suporta o facto de que a melhoria do sono otimiza o desempenho de tarefas de memória procedimental em crianças. Desta forma, não é possível determinar o papel do sono na consolidação da memória procedimental com base na literatura até ao momento.

Nesta revisão relataram-se resultados contraditórios, sendo que apenas quatro estudos demonstraram uma melhoria do desempenho da tarefa após um período de sono. Pelo contrário, a maioria dos estudos defende que este prejudica o desempenho, como demonstrado nesta meta-análise, relativamente ao tempo de reacção. Esta contradição pode ser devida a vários factores, como os factores circadianos, a fadiga, a interacção de componentes da memória implícita e explícita, o nível motivacional, o contexto de aprendizagem, bem como a complexidade da tarefa a ser aprendida.

Curiosamente constatou-se que nos adolescentes (14-16 anos), a restrição do sono no período nocturno (sono até cinco horas durante quatro noites consecutivas) não possui impacto significativo na consolidação de memória procedimental e por sua vez, no desempenho das tarefas. Adicionalmente, verificou-se que a aprendizagem imediatamente antes do sono promove uma melhor consolidação da memória procedimental.

No entanto, dadas as limitações apresentadas, nomeadamente a heterogeneidade das intervenções e reduzida qualidade metodológica dos estudos incluídos, sem grupo de controlo, sugere-se a execução de estudos futuros com maior nível de evidência. Estas investigações devem centrar-se em estudos randomizados com amostras superiores, com tarefa motora idêntica, indivíduos com idades semelhantes, treino e teste na mesma fase do dia, contexto de intervenção controlado, assim como recurso a instrumentos de avaliação objectivos, com vista a sumarizar e rever sistematicamente os resultados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adi-Japha, E., Badir, R., Dorfberger, S., & Karni, A. (2014). A matter of time: rapid motor memory stabilization in childhood. *Developmental Science*, 17(3), 424-433.
- Albouy, G., Sterpenich, V., Balteau, E., Vandewalle, G., Desseilles, M., Dang-Vu, T., et al. (2008). Both the hippocampus and striatum are involved in consolidation of motor sequence memory. *Neuron*, 58(2), 261-272.
- Al-Sharman, A., & Siengsukon, C. (2013). Sleep Enhances Learning of a Functional Motor Task in Young Adults. *Physical Therapy*, 93(12), 1625-1635.
- Al-Sharman, A., & Siengsukon, C. (2014). Time rather than sleep appears to enhance off-line learning and transfer of learning of an implicit continuous task. *Nature and Science of Sleep*, 6(1), 27-36.
- Antunes, H. K., Andersen, M. L., Tufik, S., & Mello, M. T. (2008). Privação de Sono e Exercício Físico. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 14(1), 51-56.
- Ashtamker, L., & Karni, A. (2013). Motor memory in childhood: early expression of consolidation phase gains. *Neurobiology of Learning and Memory*, 106(1), 26-30.
- Ashworth, A., Hill, C.M., Karmiloff-Smith, A., & Dimitriou, D. (2013). Sleep enhances memory consolidation in children. *Journal of Sleep Research*, 23(3), 302-308.
- Backhaus, J., & Junghanns, K. (2006). Daytime naps improve procedural motor memory. *Sleep Medicine*, 7(6), 508-512.
- Bonnet, M. H., & Arand, D. L. (2003). Clinical effects of sleep fragmentation versus sleep deprivation. *Sleep Medicine Reviews*, 7(4), 297-310.
- Brawn, T. P., Fenn, K. M., Nusbaum, H. C., & Margoliash, D. (2010). Consolidating the effects of waking and sleep on motor-sequence learning. *Journal of Neuroscience*, 30(42), 13977-13982.
- Brown, R.M., & Robertson, E.M. (2007). Off-Line Processing: Reciprocal Interactions between Declarative and Procedural Memories. *The Journal of Neuroscience*, 27(39), 10468-10475.
- Cajochen, C., Knoblauch, V., Wirz-Justice, A., Kräuchi, K., Graw, P., & Wallach, D. (2004). Circadian modulation of sequence learning under high and low sleep pressure conditions. *Behavioural Brain Research*, 151(1-2), 167-176.
- Cohen, D.A., & Robertson, E.M. (2007). Motor sequence consolidation: constrained by critical time windows or competing components. *Experimental Brain Research*, 177(4), 440-446.
- Cohen, D.A., Pascual-Leone, A., Press, D.Z. & Robertson, E.M. (2005). Off-line learning of motor skill memory: A double dissociation of goal and movement. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102(50), 18237-18241.
- Collet, G., Schmitz, R., Urbain, C., Leybaert, J., Colin, C., & Peigneux, P. (2012). Sleep may not benefit learning new phonological categories. *Frontiers in Neurology*, 3(97), 1-7.
- Debarnot, U., Castellani, E., Valenza, G., Sebastiani, L., & Guillot, A. (2011). Daytime naps improve motor imagery learning. *Cognitive Affective Behavioral Neuroscience*, 11(4), 541-550.

O Impacto do Sono no desempenho de Tarefas de Memória Procedimental em Crianças:
Revisão Sistemática e Meta-Análise

- Diekelmann, S., & Born, J. (2010). The memory function of sleep. *Nature Reviews. Neuroscience*, 11(2), 114–126.
- Dorfberger, S., Adi-Japha, E., & Karni, A. (2007). Reduced Susceptibility to Interference in the Consolidation of Motor Memory before Adolescence. *PloS One*, 2(2), e240.
- Doyon, J., Korman, E., Morin, A., Dostie, V., Tahar, A., Benali, H. et al. (2009). Contribution of night and day sleep vs. simple passage of time to the consolidation of motor sequence and visuomotor adaptation learning. *Experimental Brain Research*, 195(1), 15–26.
- Erlacher, D., & Schredl, M. (2006). Effect of a Motor Learning Task on REM Sleep Parameters. *Sleep and Hypnosis*, 8(2), 41-46.
- Fernandes, C., Rocha, N.B., Rocha, S., Herrera-Sollís, A., Salas-Pacheco, J., García-García, F., et al. (2015). Detrimental role of prolonged sleep deprivation on adult neurogenesis. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, 9(140), doi: 10.3389/fncel.2015.00140.
- Finelli, L.A., & Sejnowski, T.J. (2005). What is consolidated during sleep-dependent motor skill learning? *Behavioral and Brain Sciences*, 28(1), 70-71.
- Fischer, S., Nitschke, M.F., Melchert, U.H., Erdmann, C., & Born, J. (2005). Motor Memory Consolidation in Sleep Shapes More Effective Neuronal Representations. *The Journal of Neuroscience*, 25(49), 11248–11255.
- Fischer, S., Wilhelm, I., & Born, J. (2007). Developmental Differences in Sleep's Role for Implicit Off-line Learning: Comparing Children and Adults. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(2), 214-227.
- Fogel, S. M., Smith, C. T., & Cote, K. A. (2007). Dissociable learning-dependent changes in REM and non-REM sleep in declarative and procedural memory systems. *Behavioural Brain Research*, 180(1), 48-61.
- Frank, M., & Benington, J. (2006). The Role of Sleep in Memory Consolidation and Brain Plasticity: Dream or Reality? *Neuroscientist*, 12(6), 477-488.
- Gais, S., Rasch, B., Wagner, U., & Born, J. (2008). Visual-procedural memory consolidation during sleep blocked by glutamatergic receptor antagonists. *Journal of Neuroscience*, 28(21), 5513-5551.
- Gorgoni, M., D'Atri, A., Lauri, G., Rossini, P., Ferlazzo, F., & Gennaro, L. (2013). Is Sleep Essential for Neural Plasticity in Humans, and How Does It Affect Motor and Cognitive Recovery? Neural Plasticity, Hindawi Publishing Corporation, in <http://dx.doi.org/10.1155/2013/103949>
- Heib, D. P., Hoedlmoser, K., Anderer, P., Zeitlhofer, J., Gruber, G., Klimesch, W., et al. (2013). Slow oscillation amplitudes and up-state lengths relate to memory improvement. *Plos One*, 8(12), e82049.
- Higgins, J. P. T., & Green, S. (2011). Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions: version 5.1.0. The Cochrane Collaboration. Available from www.cochranehandbook.org.
- Hoedlmoser, K., Birklbauer, J., Schabus, M., Eibenberger, P., Rigler, S., & Mueller, E. (2015). The impact of diurnal sleep on the consolidation of a complex gross motor adaptation task. *Journal of Sleep Research*, 24(1), 100-109.

O Impacto do Sono no desempenho de Tarefas de Memória Procedimental em Crianças:
Revisão Sistemática e Meta-Análise

Holz, J., Piosczyk, H., Feige, B., Spiegelhalter, K., Baglioni, C., Riemann, D., et al. (2012). EEG Sigma and slow-wave activity during NREM sleep correlate with overnight declarative and procedural memory consolidation. *Journal of Sleep Research*, 21(6), 612-619.

Holz, J., Piosczyk, H., Landmann, N., Feige, B., Spiegelhalter, K., Riemann, D., et al. (2012). The Timing of Learning before Night-Time Sleep Differentially Affects Declarative and Procedural LongTerm Memory Consolidation in Adolescents. *Plos One*, 7(7), 1-10.

Huber, R., Ghilardi, M. F., Massimini, M., & Tononi, G. (2004). Local sleep and learning. *Nature*, 430(6995), 78–81.

Javadi, A.H., Walsh, V., Lewis, P.A. (2011). Offline consolidation of procedural skill learning is enhanced by negative emotional content. *Experimental Brain Research*, 208(4), 507-517.

Kempler, L. & Richmond, J.L. (2012). Effect of sleep on gross motor memory. *Memory*, 20(8), 907-914.

Korman, M., Doyon, J., Doljansky, J., Carrier, J., Dagan, Y. & Karni, A. (2007). Daytime sleep condenses the time course of motor memory consolidation. *Nature Neuroscience*, 10(9), 1206-1213.

Kuriyama, K., Stickgold, R., & Walker, M.P. (2004). Sleep-dependent learning and motor-skill complexity. *Learning & Memory*, 11(6), 705–713.

Landmann, N., Kuhn, M., Piosczyk, H., Feige, B., Baglioni, C., Spiegelhalter, K., et al. (2014). The reorganisation of memory during sleep. *Sleep Medicine Reviews*, 18(6), 531-541.

Lin, S. H., Murphy, S. L., & Robinson, J. C. (2010). The Issue Is... Facilitating EvidenceBased Practice: Process, Strategies, and Resources. *American Journal of Occupational Therapy*, 64(1), 164-171.

Malangré, A., Leinen, P., & Blischke, K. (2014). Sleep-related offline learning in a complex arm movement sequence. *Journal of Human Kinetics*, 40(1), 7-20.

Maquet, P. (2000). Functional neuroimaging of normal human sleep by positron emission tomography. *Journal of Sleep Research*, 9(3), 207-231.

Maroco, J. (2007). Análise Estatística com utilização do SPSS. (3ª ed). Lisboa: Edições Sílabo.

Martins, P., Mello, M., & Tufik, S. (2001). Exercício e sono. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 7(1), 28-36.

Mednick, S., Nakayama, K., & Stickgold, R. (2003). Sleep-dependent learning: a nap is a good as a night. *Nature Neuroscience*, 6(7), 697-698.

Meier, B. & Cock, J. (2014). Offline consolidation in implicit sequence learning. *Cortex*, 57(1), 156-166.

Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and MetaAnalyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med* 6(6), e1000097. doi:10.1371/journal.pmed1000097.

National Heart, Lung, and Blood Institute (2014). Quality Assessment Tool for Before-After (Pre-Post) Studies with no Control Group. National Institutes of Health. Acedido Julho 2, 2015, em <https://www.nhlbi.nih.gov/health-pro/guidelines/in-develop/cardiovascular-risk-reduction/tools/before-after>.

O Impacto do Sono no desempenho de Tarefas de Memória Procedimental em Crianças:
Revisão Sistemática e Meta-Análise

- Nemeth, D., Janacsek, K., Londe Z., Ullman, M.T., Howard, D.V., & Howard, J.H. (2010). Sleep has no critical role in implicit motor sequence learning in young and old adults. *Experimental Brain Research*, 201(2), 351-358.
- Nissen, C., Kloepper, C., Nofzinger, E. A., Feige, B., Voderholzer, U., & Riemann, D. (2006). Impaired Sleep-Related Memory Consolidation in Primary Insomnia - A Pilot Study. *Sleep*, 29(8), 1068-1073.
- Pai, M., McCulloch, M., Gorman, J.D., Pai, N., Enanoria, W., Kennedy, G., et al. (2004). Systematic reviews and meta-analyses: An illustrated, step-by-step guide. *The National Medical Journal of India*, 17(2), 86-95.
- Pan, S.C., & Rickard, T.C. (2015). Sleep and Motor Learning: Is There Room for Consolidation? *Psychological Bulletin*, 141(4), 812-834.
- Peigneux, P., Laureys, S., Fuchs, S., Collette, F., Perrin, F., Reggers, J., et al. (2004). Are Spatial Memories Strengthened in the Human Hippocampus during Slow Wave Sleep? *Neuron*, 44 (3), 535-545.
- Pereira, T., Castro-Caldas, A. & Abreu, A. (2014). Age-related Gender Differences in Motor and Inhibitory Learning and Consolidation. *Journal of Advanced Neuroscience Research*, 1(1), 10-21.
- Potkin, K. T., & Bunney, W. E. (2012). Sleep improves memory: the effect of sleep on long term memory in early adolescence. *Plos One*, 7(8), e42191.
- Prehn-Kristensen, A., Göder, R., Chirobeja, S., Bressmann, I., Ferstl, R., & Baving, L. (2009). Sleep in children preferentially emotional declarative but not procedural memories. *Journal of Experimental Child Psychology*, 104(1), 132-139.
- Prehn-Kristensen, A., Molzow, I., Munz, M., Wilhelm, I., Müller, K., Freytag, D., et al. (2011). Sleep restores deficits in procedural memory in children with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Research in Developmental Disabilities*, 32(6), 2480-2488.
- Press, D. Z., Casement, M. D., Pascual-Leone, A., & Robertson, E. M. (2005). The time course of off-line motor sequence learning. *Cognitive Brain Research*, 25(1), 375-378.
- Rasch, B., & Born, J. (2013). About sleep's role in memory. *Physiological Reviews*, 93(2), 681-766.
- Rauchs, G., Desgranges, B., Foret, G., & Eustache, F. (2005). The relationships between memory systems and sleep stages. *Journal of Sleep Research*, 14(2), 123-140.
- Rickard, T.C., Cai, D.J., Rieth, C.A., Jones, J. & Ard, M.C. (2008). Sleep does not enhance motor sequence learning. *Journal of Experimental Psychology*, 34(4), 834-842.
- Rieth, C.A., Cai, D.J., McDevitt, E.A., & Mednick, S.C. (2010). The role of sleep and practice in implicit and explicit motor learning. *Behavioural Brain Research*, 214(2), 470-474.
- Robertson, E.M., Press, D.Z., & Pascual-Leone, A. (2005). Off-line learning and the primary motor cortex. *The Journal of Neuroscience*, 25(27), 6372-6378.
- Robertson, E. M., Pascual-Leone, A., & Press, D. Z. (2004). Awareness modifies the skill-learning benefits of sleep. *Current Biology*, 14(3), 208-212.

O Impacto do Sono no desempenho de Tarefas de Memória Procedimental em Crianças:
Revisão Sistemática e Meta-Análise

Sampaio, R. F., & Mancini, M. C. (2007). Estudos de Revisão Sistemática: Um guia para síntese criteriosa da evidência científica. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, 11(1), 83-89.

Sarode, D. P., Mathie, I. D., Gao, N. P., Gray, L. I., Monaghan, I. J., Preston, A. P., Twomey, M. J., & Watters, M. (2013). A sleep to remember: The effects of sleep on memory. *Res Medica - Journal of Royal Medical Society*, 21(1), 23-34.

Sheth, B. R., Janvelyan, D., & Khan, M. (2008). Practice Makes Imperfect: Restorative Effects of Sleep on Motor Learning. *Plos One*, 3(9).

Siengsukon, C. F., & Boyd, L. A. (2009). Does Sleep Promote Motor Learning? Implications for Physical Rehabilitation. *Physical Therapy*, 89(4), 370-383.

Sirriyeh, R., Lawton, R., Gardner, P., & Armitage, G. (2012). Reviewing studies with diverse designs: the development and evaluation of a new tool. *Journal of Evaluation in Clinical Practice*, 18(4), 746-752.

Smith, C.T., Aubrey, J.B., & Peters, K.R. (2004). Different Roles for REM and Stage 2 Sleep in Motor Learning: a proposed model. *Psychologica Belgica*, 44(1/2), 79-102.

Sugawara, S.K., Tanaka, S., Tanaka, D., Seki, A., Uchiyama, H.T., Okazaki, S., et al. (2014). Sleep is associated with offline improvement of motor sequence skill in children. *PLoS One*, 9(11), e111635.

Tucker, M. A., & Fishbein, W. (2009). The impact of sleep duration and subject intelligence on declarative and motor memory performance: how much is enough? *Journal of Sleep Research*, 18(3), 304-312.

Tucker, M.A., Hirota, Y., Wamsley, E. J., Lau, H., Chaklader, A., & Fishbein, W. (2006). A daytime nap containing solely non-REM sleep enhances declarative but not procedural memory. *Neurobiology of Learning and Memory*, 86(2), 241-247.

Urbain, C., Houyoux, E., Albouy, G., & Peigneux, P. (2014). Consolidation through the looking-glass: sleep-dependent proactive interference on visuomotor adaptation children. *Journal of Sleep Research*, 23(1), 44-52.

Vandenbroucke, J.P. (2009). Strega, Strobe, Stard, Squire, Moose, Prisma, Gnosis, Trend, Orion, Coreq, Quorum, Remark... and Consort: from whom does the guideline toll? *Journal of Clinical Epidemiology*, 62(6), 594-596.

Vertes, R. P. (2004). Memory Consolidation in Sleep: Dream or Reality. *Neuron*, 44(1), 135-148.

Voderholzer, U., Piosczyk, Holz, J., Landmann, L., Feige, B., Loessl, B., et al. (2011). Sleep restriction over several days does not affect long-term recall of declarative and procedural memories in adolescents. *Sleep Medicine*, 12(2), 170-178.

Walker, M., Brakefield, T., Seidman, J., Morgan, A., Hobson, A., & Stickgold, R. (2003). Sleep and the Time Course of Motor Skill Learning. *Learning & Memory*, 10(4), 275-284.

Walker, M.P., & Stickgold, R. (2004). Sleep-dependent learning and memory consolidation. *Neuron*, 44(1), 121-133.

Wilhelm, I., Diekelmann, S., & Born, J. (2008). Sleep in children improves memory performance on declarative but not procedural tasks. *Learning and Memory*, 15(5), 373-377.

O Impacto do Sono no desempenho de Tarefas de Memória Procedimental em Crianças:
Revisão Sistemática e Meta-Análise

Wilhelm, I., Diekelmann, S., Molzow, I., Ayoub, A., Mölle, M. & Born, J. (2011). Sleep Selectively Enhances Memory Expected to Be of Future Relevance. *The Journal of Neuroscience*, 31(5), 1563–1569.

Wilhelm, I., Metzkw-Mészáros, M., Knapp, S., & Born, J. (2012). Sleep-dependent consolidation of procedural motor memories in children and adults: the pre-sleep level of performance matters. *Developmental Science*, 15(4), 506-515.

Wilhelm, I., Rose, M., Imhof, K.I., Rasch, B., Büchel, C., & Born, J. (2013). The sleeping child outplays the adult's capacity to convert implicit into explicit knowledge. *Nature Neuroscience*, 16(4), 391-393.

Yordanova, J., Kolev, V., & Verleger, R. (2009). Awareness of knowledge or awareness of processing? Implications for sleep-related memory consolidation. *Frontiers in Human Neuroscience*, 3(40), doi: 10.3389/neuro.09.040.2009

Yordanova, J., Kolev, V., Verleger, R., Bataghva, Z., Born, J., & Wagner, U. (2008). Shifting from implicit to explicit knowledge: Different roles of early- and late-night sleep. *Learning & Memory*, 15(7), 508–515.

Impacto do Sono no desempenho de Tarefas de Memória Procedimental em Crianças:
Revisão Sistemática e Meta-Análise